

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и си-
стемы связи

Профили «Мобильная связь и интернет вещей»

Ростов-на-Дону

2022

УДК 621.396.677

Жуковский А.Г., Юхнов В.И., Рыбалко И.П. Системы радиосвязи с подвижными объектами. Методические указания для выполнения лабораторных работ. Ростов-на-Дону, СКФ МТУСИ: 2022. – 64 с.

Методические указания предназначены для студентов, изучающих дисциплину «СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ».

В методических указаниях к лабораторной работе №1 помимо сведений о порядке выполнения работы, приводятся краткие теоретические сведения о характеристиках и параметрах антенн, применяемых в мобильной связи, а также об особенностях их конструкций. Описываются правила работы с компьютерной программой по исследованию антенн MMANA. Для закрепления изученного материала приведены четыре задания.

В методических указаниях для выполнения лабораторной работы №2 кратко изложена методика определения местоположения точек доступа Wi-Fi и определения их параметров с использованием программ Xirrus Wi-Fi Inspector, insider 2.0. Рассмотрена как теория вопроса, так и практические аспекты использования программы. Для закрепления изученного материала приведены три задания.

Для каждой работы определён порядок проведения исследований, требования к оформлению отчета, контрольные вопросы, приведён список литературы.

Пособие будет полезно для студентов очного, очно-заочного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину.

Рассмотрено и одобрено

на заседании кафедры «ИТСС»

Протокол от «19» декабря 2022 г., № 5.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1. Исследование антенн, применяемых в системах сотовой связи.....	3
Лабораторная работа 2. Исследование программ Xirrus Wi-Fi Inspector и InSSIDer 2.0.....	36

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Исследование антенн, применяемых в системах сотовой связи

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Программа подготовки к исследованию	6
2 Краткие теоретические сведения о характеристиках и параметрах антенн, особенностях их конструкций	6
2.1 Общие принципы построения антенн	6
2.2 Параметры антенны как нагрузки передатчика	12
2.3 Векторная комплексная диаграмма направленности антенны	13
2.4. Вторичные параметры, характеризующие направленность антенн	18
2.5. Принцип взаимности и параметры приемных антенн	19
3 Описание порядка работы с программой MMANA	21
4 Порядок проведения исследований	29
5 Содержание отчета	34
6. Контрольные вопросы	34
Список используемых источников	35

ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторной работы является приобретение навыков практического использования специализированных программ по исследованию антенн при их моделировании для применения в устройствах сотовой мобильной связи. Расширение навыков использования компьютеров при проведении расчетов характеристик и параметров антенн.

Для выполнения поставленной цели студентам необходимо изучить теоретический материал, приведённый в методических указаниях, и выполнить четыре исследования:

- исследование штыревой антенны;
- исследование полуволнового вибратора;
- исследование рамочной антенны;
- исследование антенны типа «волновой канал» (директорной антенны).

1 Программа подготовки к исследованию

В процессе подготовки к лабораторной работе студент должен:

- изучить теоретические положения, касающиеся конструктивных особенностей и технических характеристик антенн;
- уяснить цель и порядок проведения лабораторной работы;
- ознакомиться с особенностями работы с компьютерной программой MMA-NA;
- подготовить бланк отчета по работе;
- подготовиться к ответам на контрольные вопросы.

2 Краткие теоретические сведения о характеристиках и параметрах антенн, особенностях их конструкций

2.1 Общие принципы построения антенн.

Антенна является необходимым элементом любого радиопередающего и радиоприемного устройства. Антенна радиопередатчика (передающая антенна) предназначена для преобразования тока высокой частоты в энергию излучаемых ею электромагнитных волн. Антенна радиоприемника (приемная антенна) предназначена для преобразования принятых ею электромагнитных волн в энергию тока высокой частоты. Характер процессов, происходящих в передающей и приемной антеннах, определяет обратимость их использования. Обратимость антенн находит выражение не только в принципиальной возможности использования одной и той же антенны в качестве передающей или приемной, но и в том, что основные параметры антенны сохраняются при использовании ее как для передачи, так и для приема. Это имеет большое практическое значение. Так, многие передвижные радиостанции, предназначенные для связи, имеют общую антенну для передачи и для приема.

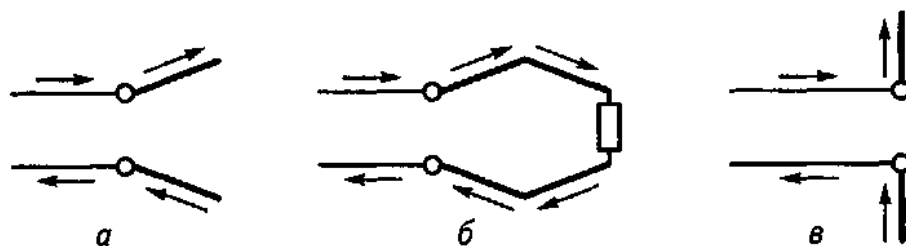


Рисунок 1 - Симметричные антенны

Электрическая цепь и вспомогательные устройства, с помощью которых энергия радиочастотного канала подводится от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприемнику, называется фидером. Конструкция фидера зависит от диапазона передаваемых по нему частот. При передаче электромагнитной энергии по линии стремятся уменьшить излучение самой линии.

Для этого провода линии располагают параллельно и по возможности ближе друг к другу. При этом поля двух одинаковых по значению, но противоположно направленных токов взаимно компенсируются и излучения энергии в окружающее пространство не происходит. При создании антенны ставится противоположная задача: получение возможно большего излучения. Для этого можно использовать те же длинные линии, устранив одну из причин, лишаящих фидер излучающих свойств. Можно, например, раздвинуть провода линии на некоторый угол, в результате чего их поля не будут компенсировать друг друга. На этом основана работа V-образных и ромбических антенн, излучающие провода которых расположены под острым углом один к другому в соответствии с рисунком 1 а, б, и симметричного вибратора, получающегося при разведении проводов на 180° в соответствии рисунком 1 в.

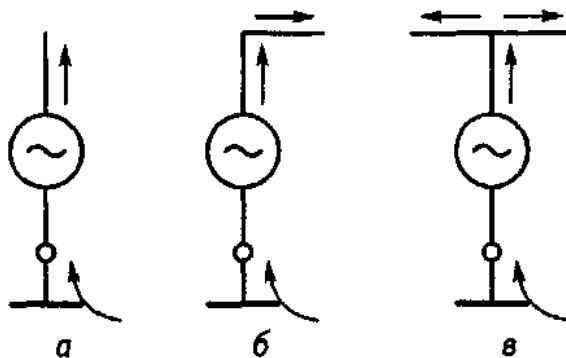


Рисунок 2 - Несимметричные антенны

Компенсирующее действие одного из проводов фидера можно устранить, исключив его из системы. Это приводит к получению несимметричного вибратора в соответствии с рисунком 2 а. Все антенны, использующие этот принцип работы, относятся к классу несимметричных антенн. К ним также принадлежат Г-образные и Т-образные антенны в соответствии с рисунком 2 б, в.

Фидер излучает, если соседние участки его двух проводов обтекаются токами, совпадающими по фазе, поля которых усиливают друг друга. Для этого необходимо создать фазовый сдвиг в половину длины волны, например за счет неизлучающего шлейфа в соответствии с рисунком 3 а. На таком же принципе основаны синфазные антенны, получившие широкое распространение в соответствии с рисунком 3 б.

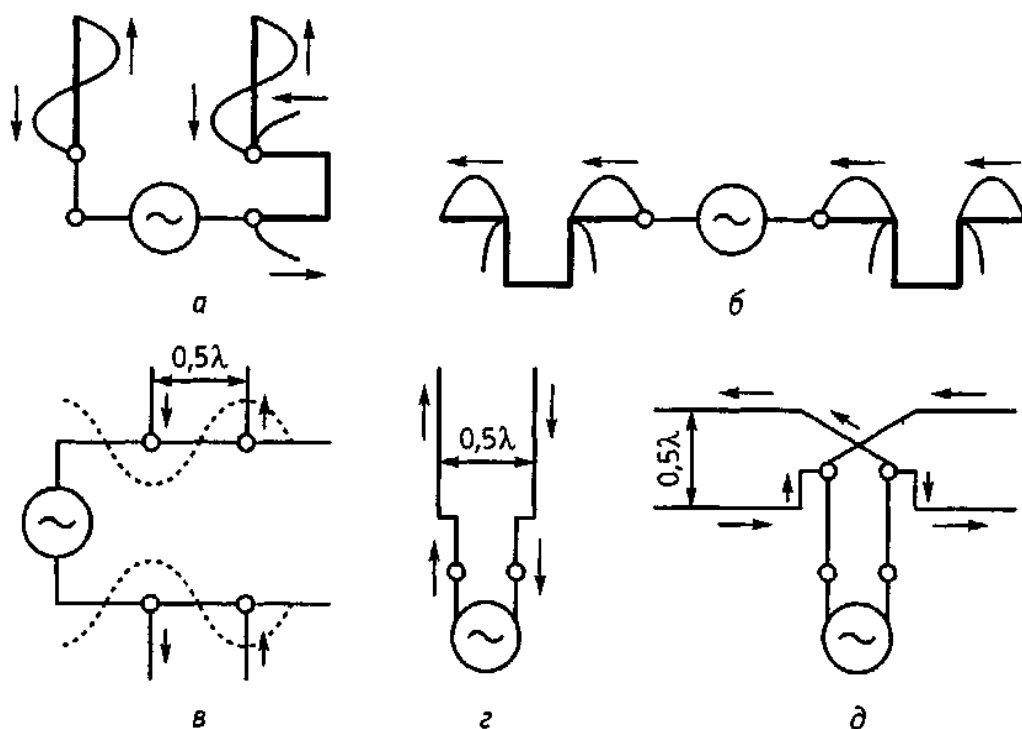


Рисунок 3 - Синфазные (а, б) и противофазные (в, г) антенны

Фидер будет излучать, если расстояния между проводами по некоторым направлениям приобретают значительную разность хода. Более того, можно так подобрать расстояние между проводами, что по некоторым направлениям произойдет сложение волн от обоих проводов. Это широко используется в многочисленных противофазных антеннах. Работу таких антенн нетрудно понять из трех примеров, приведенных на рисунках 3 в-д. В антенне в соответствии с рисунком 3 в, противо-

фазность токов в проводах обеспечивается подключением их к фидеру на расстоянии в полволны. Антенна, изображенная на рисунке 3 г, представляет собой фидер, как бы расширенный на конце. В антенне на рисунке 3 д, противофазность токов обеспечивается перекрещиванием питающих проводов.

Остановимся на работе симметричного вибратора как излучателя, который входит в состав многих антенн. Симметричный вибратор можно представить как длинную линию, разомкнутую на конце, провода которой развернуты на 180° . Каждый элемент данной линии обладает определенной индуктивностью и емкостью между проводами в соответствии с рисунком 4.

Рассмотрим процесс свободных электрических колебаний в симметричном вибраторе. Присоединим обе его половины к зажимам источника постоянной ЭДС в соответствии с рисунком 5 а. После того как распределенные емкости проводов вибратора зарядятся и между его половинами возникнет разность потенциалов,

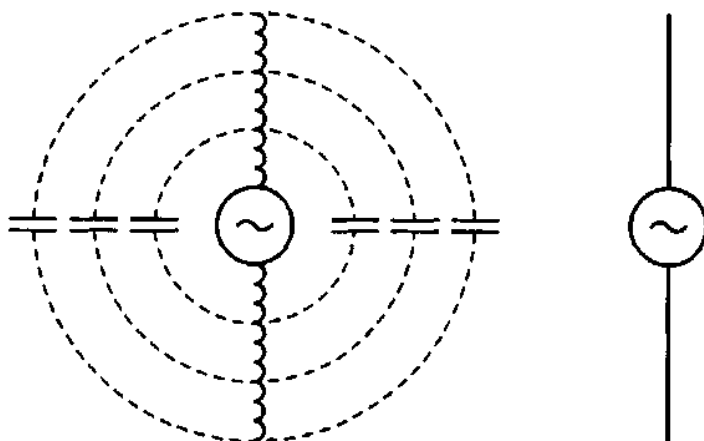


Рисунок 4 - Симметричный вибратор и его эквивалентная схема

отключим источник питания и замкнем обе половины вибратора перемычкой в соответствии с рисунком 5, б. При этом распределенные емкости начнут разряжаться через перемычку. Очевидно, что через отрезки провода вибратора, расположенные у середины, протекает наибольший электрический заряд, и поэтому разрядный ток имеет наибольшее значение; к концам же провода ток уменьшается до нуля. Ток в проводе нарастает постепенно, поскольку в распределенных индуктивностях возникает ЭДС самоиндукции. Разность потенциалов между точками, равноудаленными от середины вибратора, тем больше, чем дальше эти точки от середины, так как тем

большая часть распределенной индуктивности провода участвует в его создании в соответствии с рисунком 5 б. Знак потенциала относительно средней точки по обе стороны от нее различен, так как в одной половине вибратора ток течет к ней, а в другой - от нее.

По мере разряда распределенной емкости ток в проводе нарастает и достигает максимума, когда она полностью разрядится. При этом вся энергия электрического поля, запасенная емкостью, переходит в энергию магнитного поля распределенных индуктивностей в соответствии с рисунком 5 в. Если вначале индуктивность проводов вибратора препятствовала нарастанию тока, то теперь она препятствует его уменьшению. Поэтому ток уменьшается постепенно, сохраняя прежнее направление в соответствии с рисунком 5 г. За счет этого происходит перезаряд распределенной емкости, и когда ток спадает до нуля, емкости оказываются перезаряженными в соответствии с рисунком 5 д. После этого процесс протекает в обратном

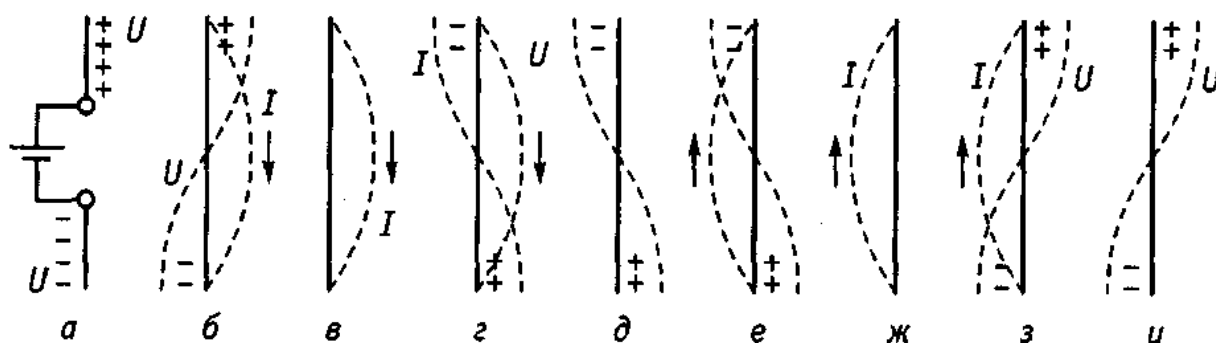


Рисунок 5 - Свободные колебания в симметричном вибраторе

направлении рисунок 5 е-и. Таким образом, в вибраторе возникают свободные электрические колебания. При этом в нем устанавливаются стоячие волны тока и напряжения и вдоль его длины укладывается половина стоячей волны тока и напряжения. Следовательно, длина волны λ , собственных колебаний симметричного вибратора вдвое больше его длины, т.е. $\lambda = 2l$. Поэтому симметричный вибратор называют также полуволновым диполем, чем подчеркивается, что он вдвое короче длины волны собственных колебаний.

Если полуволновый вибратор расположить вертикально, его размер можно уменьшить вдвое благодаря проводящим свойствам земли. При вертикальном расположении нижний конец антенны подключается к одному из зажимов генератора электромагнитных колебаний в соответствии с рисунком 6 а, второй зажим генератора при этом заземляется. Если предположить, что земля является идеальным проводником, то в ней наводится ЭДС, которая действует как зеркальное изображение основного вибратора в соответствии с рисунком 6 б. Такая антенна называется вертикальной несимметричной антенной, ее высота приблизительно равна $\lambda/4$.

Все сказанное справедливо только в том случае, когда земля представляет собой идеальный проводник. Когда же земля обладает плохими проводящими свойствами, характер распределения тока в земной поверхности изменяется.

Особенно большое значение имеет сопротивление земли вблизи основания антенны. Для улучшения проводимости этого участка применяют металлизацию земли: закапывают в землю металлические листы, провода; улучшают химический состав почвы, пропитывая ее различными солями.

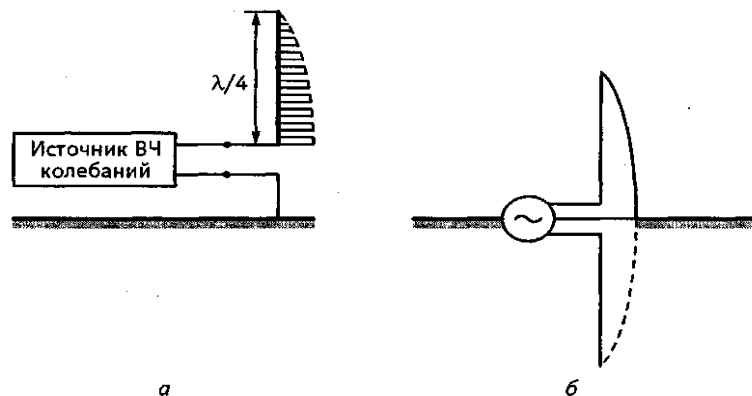


Рисунок 6 - Четвертьволновый вибратор

Опыт показывает, что нет надобности осуществлять полную металлизацию земли, достаточно хорошо работает система радиальных расходящихся проводов, закопанных в землю на глубину 20...50 см. Качество металлизации улучшается, если радиальные провода соединяются между собой перемычками.

Часто заземление заменяют системой проводов, не зарытых, а поднятых над землей, называемых противовесом. Последний должен достаточно хорошо экрани-

ровать антенный провод от земли, играя роль хорошо проводящей поверхности. Он обычно дает худшие результаты, но на передвижных радиостанциях является единственным выходом из положения. Обычно в качестве противовеса используется корпус автомобиля, на котором расположена радиостанция. Таким же образом поступают при необходимости установки радиостанции на каменистом грунте.

2.2 Параметры антенны как нагрузки передатчика

Эквивалентная схема антенны как нагрузки генератора представлена на рисунке 7. Точки "а", "в" обозначают входные зажимы антенны (точки ее питания).

Если обозначить комплексные амплитуды напряжения и тока на входе антенны \dot{U}_A и \dot{I}_A соответственно, то входное сопротивление антенны определяется выражением:

$$\dot{Z}_A = \frac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A}. \quad (1)$$

В общем случае входное сопротивление - комплексная величина. Найдем его компоненты. Для этого умножим числитель и знаменатель (1) на комплексно-сопряженное значение тока на входе антенны (\dot{I}_A^*). Тогда получим:

$$\dot{Z}_A = \frac{\dot{P}_A}{I_A^2}. \quad (2)$$

Здесь учтено, что мощность \dot{P}_A , подводимая к антенне, определяется выражением:

$$\dot{P}_A = 0,5 \cdot \dot{U}_A \cdot \dot{I}_A^*. \quad (3)$$

Через \dot{I}_A^2 обозначен квадрат действующего значения тока на входе антенны, причем:

$$\dot{I}_A^2 = 0,5 \cdot \dot{I}_A \cdot \dot{I}_A^*. \quad (4)$$

Так как подводимая мощность \dot{P}_A складывается из активных мощностей излучения P_Σ и потерь P_Π и мощности реактивных полей антенны P_X , то:

$$\dot{Z}_A = \frac{P_\Sigma}{I_A^2} + \frac{P_\Pi}{I_A^2} + \frac{iP_X}{I_A^2} = R_\Sigma + R_\Pi + iX_A = R_A + iX_A. \quad (5)$$

Активная часть входного сопротивления (R_A) состоит из двух слагаемых: полезной (сопротивление излучения R_Σ) и вредной (сопротивление потерь R_Π).

Реактивная часть входного сопротивления X_A соответствует мощности реактивных полей вокруг антенны. Её стараются минимизировать. При резонансе $X_A = 0$ и входное сопротивление антенны чисто активное. Потери электромагнитной энергии в передающей антенне определяются ее превращением в тепло в металлических конструкциях и диэлектрике антенны.

Эффективность работы антенны как преобразователя энергии оценивается с помощью коэффициента полезного действия (КПД), впервые введенного в теорию антенн отечественным ученым профессором И.Г.Кляцкиным в 1921 г. КПД антенны равен отношению излученной антенной мощности к активной мощности, потребляемой антенной:

$$\eta = \frac{P_\Sigma}{P_A} = \frac{P_\Sigma}{P_\Sigma + P_\Pi} = \frac{R_\Sigma}{R_\Sigma + R_\Pi}. \quad (6)$$

Так как реальные радиолинии функционируют в пределах некоторой полосы частот, интерес представляют частотные характеристики КПД, сопротивления излучения, сопротивления потерь и реактивного сопротивления.

Для характеристики антенны как нагрузки передатчика важную роль играет электрическая прочность, под которой понимают то максимальное напряжение (или максимальную мощность), которое может быть подведено к антенне при сохранении нормальных условий ее функционирования (отсутствие пробоя и неискаженная передача сигналов).

Входное сопротивление, КПД и электрическая прочность антенны в заданной полосе частот являются параметрами, определяющими функцию антенны как преобразователя направляемых волн в свободные. На рисунке 7 представлена эквивалентная схема антенны как нагрузки генератора.

2.3 Векторная комплексная диаграмма направленности антенны

Поле излучения антенны является вектором, который характеризуется амплитудой, фазой и ориентацией в пространстве. В связи с этим различают амплитудную,

фазовую и поляризационную диаграммы направленности.

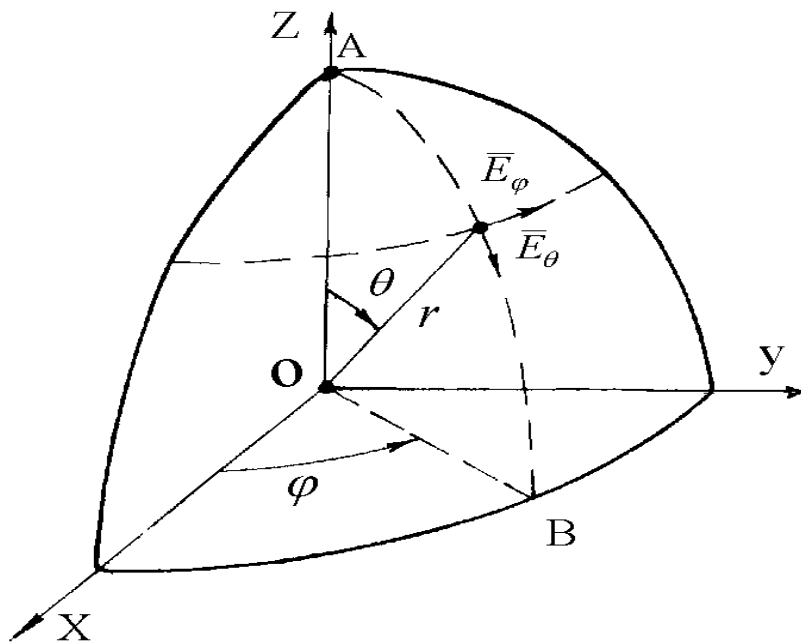


Рисунок 1.8 - Сферическая система координат

Наглядное представление о распределении энергии волн в пространстве даёт амплитудная характеристика (диаграмма) направленности, определяемая зависимостью амплитуды напряженности создаваемого антенной поля от направления в пространстве при фиксированном расстоянии. Направление определяется азимутальным (φ) и меридиональным (θ) углами сферической системы координат рисунок 8. При этом поле измеряется (или рассчитывается) на одном и том же (достаточно большом) расстоянии r от антенны.

Амплитудную диаграмму направленности часто называют просто диаграммой направленности. Пространственная (объемная) диаграмма направленности изображается в виде поверхности $f(\theta, \varphi)$. На рисунке 9 представлены примеры пространственных диаграмм направленности: тороидальной (а), игольчатой, или карандашной (б), веерной (в), косекансной (г).

Тороидальную диаграмму направленности имеет элементарный электрический вибратор (диполь), ориентированный вдоль оси z . Игольчатая диаграмма направленности используется, например, в системах связи через ИСЗ. Веерные и косекансные диаграммы используются в некоторых типах радиолокаторов. Косе-

кансная диаграмма направленности обеспечивает одинаковую засветку на экране индикатора кругового обзора РЛС самолетов, находящихся на различных расстояниях.

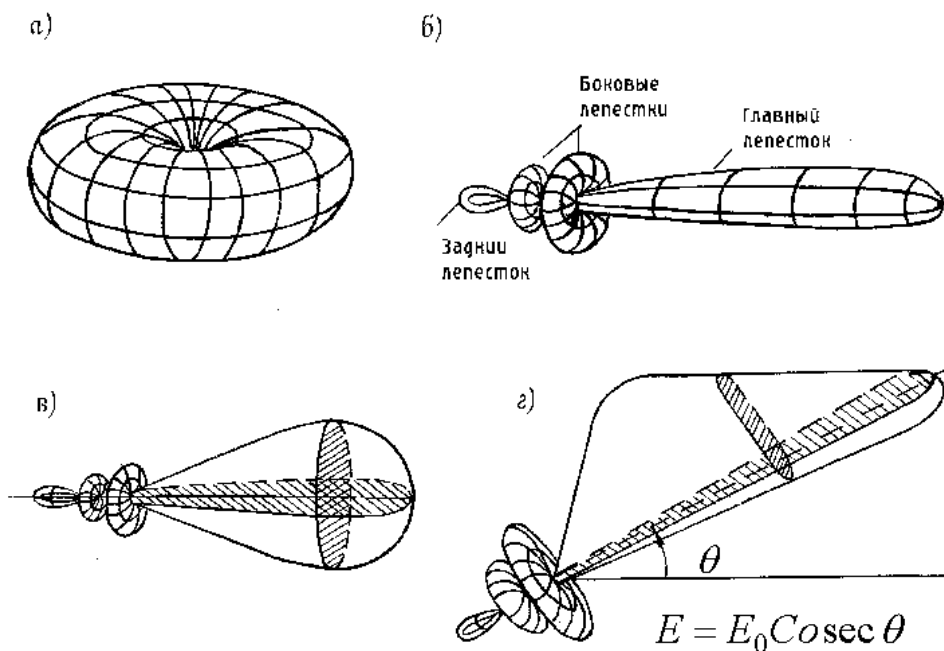


Рисунок 1.9 - Пространственные диаграммы направленности: тороидальная (а), игольчатая (б), всерная (в), косекансная (г).

Пространственная диаграмма направленности, у которой максимальное значение равно единице, называется нормированной и обозначается как $F(\theta, \varphi)$. Она легко получается из ненормированной путем деления всех ее значений на максимальное.

Очевидно, построение пространственных диаграмм направленности неудобно. Поэтому на практике обычно строят диаграммы направленности в какой-либо одной плоскости, в которой они изображаются плоской кривой $F(\varphi)$ или $F(\theta)$ в полярных или декартовых системах координат.

На рисунке 10 для примера представлены диаграммы направленности $F(\varphi)$ и $F(\theta)$ элементарного вибратора, имеющего объемную диаграмму тороидальной формы. На рисунке 10 а, б эти диаграммы изображены в полярной системе координат, а на рисунке 10 в, г – в декартовой:

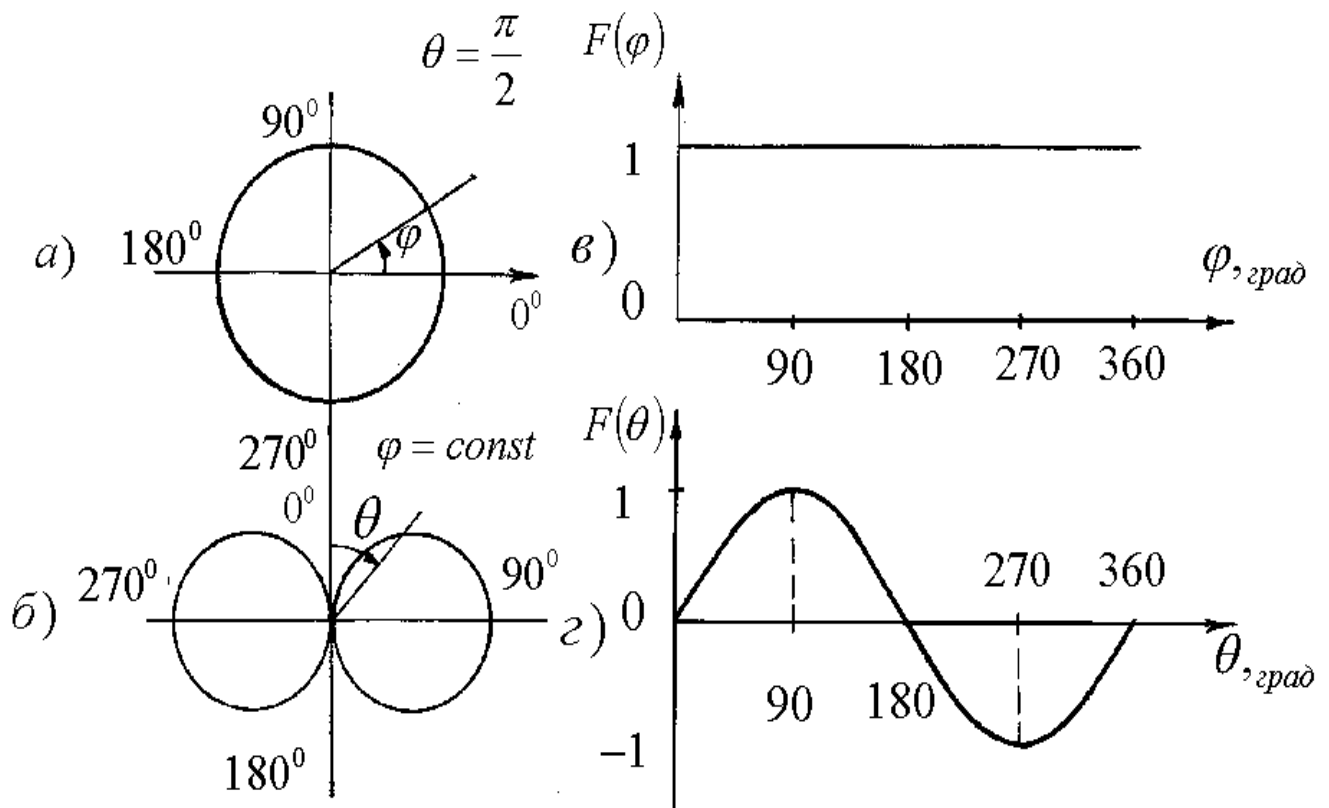


Рисунок 10 - Диаграммы направленности элементарного вибратора $F(\varphi)$ (а, в) и $F(\theta)$ (б, г) в полярной (а, б) и декартовой (в, г) системах координат

$$F(\theta, \varphi) = \frac{f(\theta, \varphi)}{f_{\max}(\theta, \varphi)}. \quad (7)$$

Помимо рассмотренных выше диаграмм направленности (ДН) по напряженности поля (амплитудных диаграмм направленности) $F(\theta, \varphi)$, иногда используют диаграммы направленности антенны по мощности $\Phi(\theta, \varphi)$, которые определяют зависимость плотности потока мощности излучаемого антенной поля от направления в пространстве при фиксированном расстоянии. Выразим плотность потока мощности Π в дальней зоне антенны через напряженность поля:

$$\Pi = \frac{1}{2} \dot{E} \cdot \dot{H}^* = \frac{1}{240\pi} |E|^2. \quad (8)$$

Поскольку она пропорциональна квадрату амплитуды напряженности электрического поля, то:

$$\Phi(\theta, \varphi) = F^2(\theta, \varphi). \quad (9)$$

В тех случаях, когда необходимо получить изображение боковых лепестков низкого уровня, целесообразно использовать логарифмический масштаб

$$F_{\text{дБ}}(\theta, \varphi) = 10 \cdot \lg \Phi(\theta, \varphi) = 20 \cdot \lg F(\theta, \varphi) \quad (10)$$

В этом случае по оси ординат откладываются значения диаграммы направленности в децибелах.

Каждая остронаправленная диаграмма направленности рисунок 9 б, в, г содержит главный лепесток, боковые лепестки, задний лепесток и имеет определённую ширину главного лепестка и некоторый уровень боковых лепестков, которые относятся к вторичным параметрам, характеризующим направленные антенны.

Ширина главного лепестка диаграммы направленности (чаще ее называют шириной луча) определяется как угол между направлениями, в которых плотность потока мощности уменьшается в 2 раза ($2\theta_{0,5}$) в 10 раз ($2\theta_{0,1}$) или до нуля ($2\theta_0$). Эта ширина для диаграммы направленности по напряженности будет соответствовать уровням 0,707; 0,316 и 0 соответственно.

Уровень боковых лепестков определяется отношением величины наибольшего и главного лепестков. Он может выражаться в размах, процентах и децибелах. Иногда задаются требования на уровень боковых лепестков в некотором секторе углов либо даже на уровень задних лепестков.

Антенны, которые должны быть ненаправленными, характеризуют коэффициентом равномерности диаграммы направленности, под которым подразумевают отношение минимального значения напряженности поля к максимальному.

Диаграммы направленности антенны по полю или мощности не дают исчерпывающей информации о её направленных свойствах. В ряде случаев, например, в фазовых системах, необходимо знание фазовой диаграммы направленности антенны, под которой понимают зависимость фазы поля излучения от направления при постоянном расстоянии от антенны и выбранном начале координат:

$$\psi = \psi(\theta, \varphi) \quad \text{при} \quad r = r_0 = \text{const} \quad (11)$$

На рисунке 10 а условно показана в полярной системе координат фазовая диаграмма направленности антенны. В пределах главного лепестка фаза равна нулю. При переходе к соседнему лепестку фаза изменяется на 180° . Разумеется, фазовую диаграмму можно изображать и в декартовой системе координат.

Поляризационной диаграммой антенны называется зависимость коэффициента эллиптичности от направления в пространстве $K_\rho(\theta, \varphi)$. Эта характеристика чрезвычайно важна для антенн УКВ, осуществляющих связь с ИСЗ или через ИСЗ.

Амплитудная, фазовая и поляризационная диаграммы направленности антенны являются характеристиками ее направленных свойств.

2.4. Вторичные параметры, характеризующие направленность антенн

Помимо ширины луча и уровня боковых лепестков, к вторичным параметрам, характеризующим направленные свойства антенны, относят коэффициент направленного действия (КНД). Этот параметр ввел в 1929 г. патриарх отечественной антенной науки член-корреспондент Академии наук СССР А.А. Пистолькорс.

КНД - это число, показывающее, во сколько раз пришлось бы увеличить мощность излучения антенны при переходе от направленной антенны (P_{Σ}) к ненаправленной ($P_{\Sigma 0}$) при условии сохранения одинаковой напряженности поля в месте приема:

$$D = \frac{P_{\Sigma 0}}{P_{\Sigma}} \quad (12)$$

Эквивалентным первому является второе определение: КНД - это число, показывающее, во сколько раз можно уменьшить мощность излучения направленной антенны по сравнению с ненаправленной для обеспечения в точке наблюдения неизменной плотности потока мощности.

Для оценки выигрыша в мощности за счет направленных свойств антенны с учетом потерь в ней вводится параметр, называемый коэффициентом усиления (КУ) антенны. Коэффициентом усиления G антенны называется отношение мощности $P_{\Sigma 0}$, излучаемой ненаправленной антенной без потерь, к мощности P_A , подводимой к направленной антенне с потерями при условии получения одинаковой напряженности поля в точке наблюдения, т.е.:

$$G = \frac{P_{\Sigma 0}}{P_A} \quad (13)$$

Умножим и разделим правую часть (13) на P_{Σ} (мощность, излученную направленной антенной). Тогда получим:

$$G = \frac{P_{\Sigma 0}}{P_{\Sigma}} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_A} = D \cdot \eta \quad (14)$$

Таким образом, коэффициент усиления антенны равен произведению КНД и КПД.

2.5. Принцип взаимности и параметры приемных антенн

Известный из курса электродинамики принцип (или теорема) взаимности позволяет утверждать применительно к антеннам с линейными цепями (параметры которых не зависят от амплитуд токов и напряжений) следующее. Если при приложении к одной из антенн ЭДС ε_A во второй протекает ток J , то при приложении ЭДС ε_A ко второй антенне в первой также будет протекать ток J .

С помощью принципа взаимности можно доказать, что параметры антенн в режиме приёма сохраняются теми же, что и в режиме передачи, хотя некоторые параметры и меняют свой смысл.

Поскольку приёмная антенна выступает по отношению к приёмнику как генератор, её внутреннее сопротивление равняется входному сопротивлению той же антенны, используемой как передающая.

Амплитудная (фазовая) диаграмма направленности приемной антенны определяет зависимость амплитуды (фазы) ЭДС на ее входных зажимах от направления прихода плоской электромагнитной волны при постоянных амплитуде и фазе напряженности поля в месте приема.

Поляризационная диаграмма направленности приёмной антенны соответствует аналогичной характеристике антенны в режиме передачи; из нее видно, какова должна быть поляризация поля в точке приема для получения максимального полезного эффекта.

Под КНД приемной антенны понимают отношение мощности, принятой направленной антенной, к мощности, принятой ненаправленной антенной, при одной и той же напряженности поля в месте приема.

КПД приемной антенны характеризует отношение полезной мощности, отданной приемнику, к полной мощности, принятой антенной.

Коэффициент усиления приемной антенны определяется отношением мощности, отдаваемой направленной антенной приемнику, к мощности, принимаемой не-

направленной антенной без потерь, при одинаковой напряженности поля в месте приема.

Таким образом, передающие и приемные антенны в принципе обратимы, если, конечно, не содержат невзаимных узлов (например, усилителей радиочастоты и т.п.) и если позволяет их электрическая прочность.

Для характеристики приемных антенн вводят и специфические параметры. К ним относятся действующая длина антенны, действующая площадь антенны, коэффициент использования площади раскрыва, коэффициент эффективности, шумовая температура, шумовая добротность и коэффициент шума Действующей (эффективной) длиной приёмной антенны l_d называется отношение максимального напряжения U , которое может быть наведено на клеммах приемной антенны без потерь, к напряжённости поля E в месте её расположения:

$$l_d = \frac{U}{E} \quad (15)$$

Действующей (эффективной) площадью приемной антенны $S_{эф}$ называется отношение максимальной мощности P , которая может быть отдана приемной антенной (без потерь) в согласованную нагрузку, к плотности потока мощности Π в падающей волне:

$$S_{эф} = \frac{P}{\Pi} \quad (16)$$

Если обозначить через S геометрическую площадь раскрыва, то:

$$S_{эф} = \nu \cdot S, \quad (17)$$

где ν - коэффициент использования площади (КИП) раскрыва.

Между КНД и $S_{эф}$ существует простая связь

$$D = \frac{4\pi}{\lambda^2} S_{эф} \quad (18)$$

или:

$$S_{эф} = \frac{D\lambda^2}{4\pi} \quad (19)$$

Коэффициентом эффективности антенны, или ее энергетической эффективностью g_A , принято называть произведение КПД и КИП:

$$g_A = \eta \cdot \nu. \quad (20)$$

Между действующей длиной, сопротивлением излучения и КНД антенны существует простая связь ($k = 2\pi / \lambda$):

$$D = 30 \cdot k^2 \cdot l_D^2 / R_\Sigma \quad (21)$$

Это соотношение несложно получить, если учесть, что излучённая антенной мощность может быть найдена, с одной стороны, путём интегрирования вектора Пойнтинга, а с другой, - через сопротивление излучения и квадрат эффективного значения тока:

$$P_\Sigma = \int \frac{E^2 \cdot dS}{120 \cdot \pi} = I_A^2 \cdot R_\Sigma \quad (22)$$

Выражение (21) вытекает из (22), если учесть (11) и соотношение аналогичное выражению для амплитуды напряжённости электрического поля диполя Герца в дальней зоне:

$$E = 30 \cdot k \cdot l_D \cdot I_A \cdot F(\theta, \varphi) / r \quad (23)$$

3 Описание порядка работы с программой MMANA

Программа моделирования антенн, расчета их характеристик и параметров антенн реализована в бесплатном программном продукте MMANA, разработанной японским радиоинженером Makoto Mori.

Программа позволяет:

- создавать и редактировать описания антенны;
- рассматривать множество разных видов антенн;
- рассчитывать диаграммы направленности (ДН) антенн;
- редактировать описание каждого элемента антенны;
- оптимизировать антенну, гибко настраивая цели оптимизации: Zвх, КСВ, усиление;
- сохранять все шаги оптимизации в виде отдельной таблицы (это полезно для последующего просмотра и анализа);

- строить графики: Zвх, KСВ, усиления, включая показ зависимости ДН от частоты.

При старте программы открывается закладка **Геометрия** и вы видите несколько полей вверху и три таблицы рисунок 11, на которой открыт файл уже имеющейся антенны.

Поле **Имя** – это название антенны

Поле **F...MHz** – основная частота антенны. Можно вводить ее значение вручную.

Первая таблица **Провода** – это описание проводов. В алгоритме расчета любая антенна представляется как набор проводов. Каждая строка в этой таблице – описание одного провода: X1, Y1, Z1 – это координаты в трехмерном пространстве начала провода, а X2, Y2, Z2 – то же самое, но конца провода. R – радиус провода.

Примечание: не изменять установленные по умолчанию значения DM1, M2, EC и SC, а параметр Seg всегда ставьте равным –1 для оптимальной автосегментации. Также не изменять параметры двух нижних таблиц - источники и нагрузка.

MMANA - F:\MMANA\ANT\VHF beams\4delta6.maa

Файл Правка Сервис Помощь

Геометрия Вид Вычисления Диаграммы направленности

Имя 4ele Delta Loop 6m F 50 200 MHz ☐ В лямбдах

Wire 12 Авто-сегментация: DM1 400 DM2 40 SC 2.0 EC 1 ☐ Не разрывать

No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Seg.
1	0.0	1.103	0.639	0.0	-1.103	0.639	7.0	-1
2	0.0	-1.103	0.639	0.0	0.0	-1.267	0.8	-1
3	0.0	0.0	-1.267	0.0	1.103	0.639	0.8	-1
4	-1.46	1.14	0.657	-1.46	-1.141	0.657	7.0	-1
5	-1.46	-1.141	0.657	-1.46	0.0	-1.314	0.8	-1
6	-1.46	0.0	-1.314	-1.46	1.141	0.657	0.8	-1
7	1.35	1.087	0.629	1.35	-1.087	0.629	7.0	-1
8	1.35	-1.087	0.629	1.35	0.0	-1.247	0.8	-1
9	1.35	0.0	-1.247	1.35	1.087	0.629	0.8	-1
10	2.81	1.08	0.625	2.81	-1.081	0.625	7.0	-1

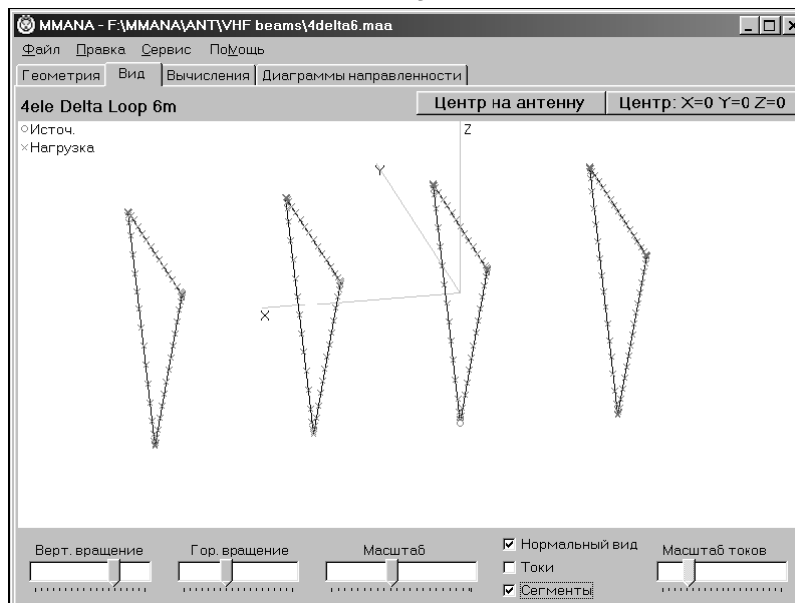
Source 1 ☒ Одинаковые источники

No.	PULSE	Фаза(gp)	Напр(V)
1	w3b	0.0	1.0
След			

Load 0 ☒ Включить нагрузку(и)

No.	PULSE	Тип	L(uH)	C(pF)	Q	f(MHz)
След						

Рисунок 11 - Окно закладки **Геометрия**

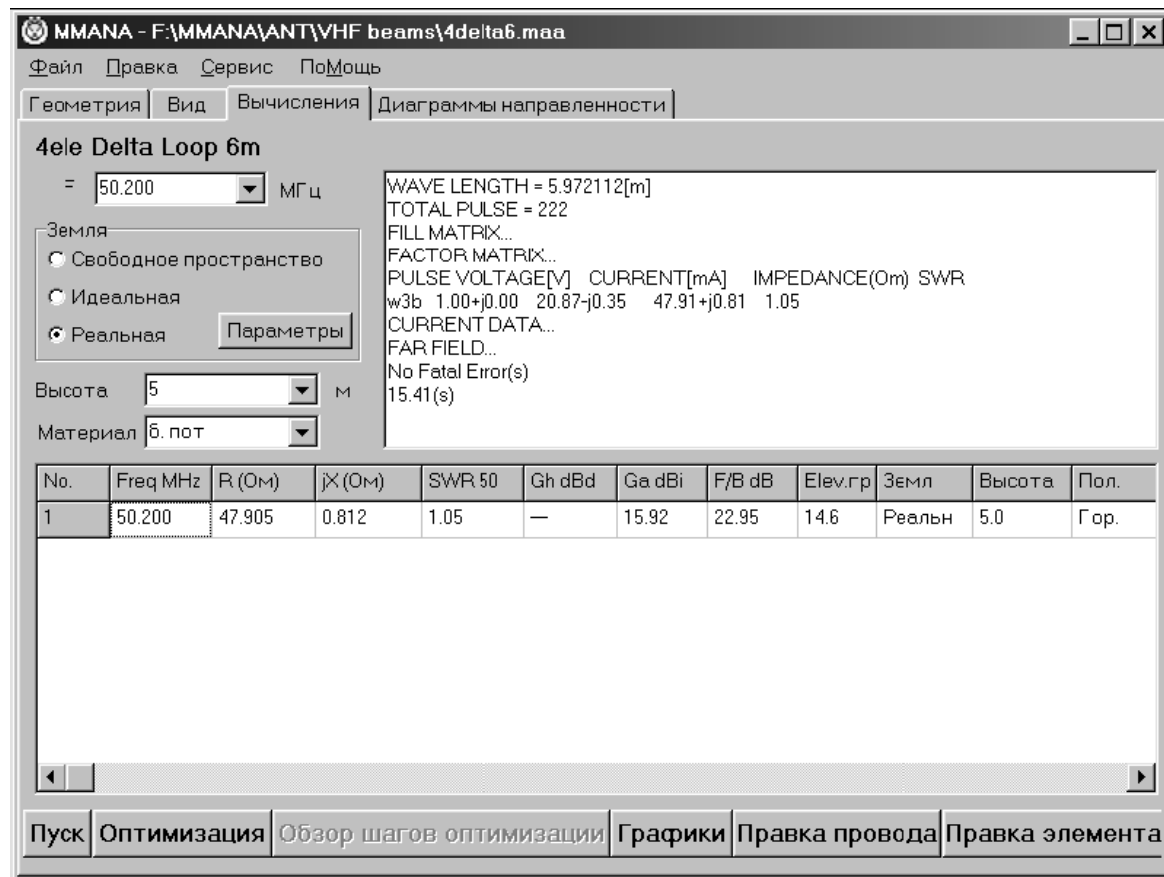
Рисунок 12 - Окно закладки **Вид**

Выбрав закладку **Вид** можно посмотреть внешний вид в трехмерном пространстве описанной антенны (или взятой из готового файла) и распределение сегментов и токов по ней. На рисунке 12 показано окно этой закладки. Движками **Верт. вращение**, **Гор. вращение** и **Масштаб** можно рассмотреть антенну со всех сторон.

В закладке **Вычисления** производятся установки условий расчета, выводится ход расчета и окончательные результаты. В окне **Частота** устанавливается частота анализа антенны (по умолчанию берется частота, установленная в закладке **Геометрия**). В этом поле имеется удобный для выбора список частот, а если необходима специфическая частота, то ее значение вводится вручную. Вид этого окна показан на рисунке 13.

Правое окно – информационное. Оно отображает текущее состояние расчета. Туда же выводятся сообщения о возможных ошибках расчета.

В окошке **Земля** выбирается тип земли. Высота антенны над землей устанавливается в поле **Высота** (этого можно не делать, если в окошке **Земля** выбрана опция **Свободное пространство**). Программа поднимает антенну вверх по оси Z. В поле **Материал** из списка выбирается материал антенны. Тип материала оказывает заметное влияние на параметры антенны.

Рисунок 13 - Окно закладки **Вычисления**

Правое окно – информационное. Оно отображает текущее состояние расчета. Туда же выводятся сообщения о возможных ошибках расчета.

В окошке **Земля** выбирается тип земли. Высота антенны над землей устанавливается в поле **Высота** (этого можно не делать, если в окошке **Земля** выбрана опция **Свободное пространство**). Программа поднимает антенну вверх по оси Z. В поле **Материал** из списка выбирается материал антенны. Тип материала оказывает заметное влияние на параметры антенны.

Закончив ввод описания антенны и нажав кнопку **Пуск** в большой нижней таблице высвечиваются результаты расчета. Результаты выводятся в следующем формате (по столбцам):

- **Freq MHz** – частота;
- **R** – активная часть входного сопротивления, Ом;
- **jX** – реактивная;
- **SWR** – KCB;

- **Gh** – усиление относительно полуволнового диполя (дБ), это значение выводится, только если расчет производится для свободного пространства;
- **Ga dbi** – усиление к изотропному излучателю. Эта единица, будучи привязанной к абстрактной всенаправленной антенне, независящей от высоты и свойств земли, используется во всех таблицах и графиках;
- **F/B db** – отношение уровней излучения вперед/назад;
- **Elev.** –зенитный (вертикальный) угол, под которым расположен максимум излучения антенны;
- **Земл** – тип влияния земли для которого проводилось моделирование;
- **Высота** – высота антенны в метрах над землей;
- **Пол.** – поляризация антенны – горизонтальная или вертикальная.

Для более детального анализа результатов расчета антенны нажимается кнопка **Графики**. В поле **Полоса** устанавливается ширина полосы частот (относительно центральной), в которой необходимо посмотреть параметры. Выбранное значение автоматически устанавливается по горизонтальной оси графика.

Последовательно выбирая закладки **Z**, **KCB**, **Gain/FB**, **ДН** можно наглядно увидеть, как меняются от частоты в заданном диапазоне параметры антенны Кнопка **Поиск резонанса** предназначена для автоматического поиска резонансной частоты антенны (т. е. той, на которой реактивная составляющая ее входного импеданса равна нулю).

Закладка **ДН** выводит разными цветами диаграммы направленности (кривые 1, 2, 3 на рисунке 14 антенны для всех частот (шагов сетки) в рассчитанной полосе, а также табличку изменения основных параметров. Это бывает очень полезно при подгонке антенны, когда требуемые характеристики и форма ДН могут оказаться не на центральной частоте, а где-то в стороне. В этой же закладке в окошке **ДН для поляризаций** можно выбрать для какой поляризации (вертикальной **V**, горизонтальной **H**, их суммы Если ДН на каких-то частотах не нужен, их можно выключить, щелкнув в строке соответствующей частоты в столбце **On**.

Выбрав закладку **Диаграммы направленности** рисунок 15, получим ДН в вертикальной и горизонтальной плоскости и перечисление всех основных парамет-

ров антенны. ДН любой антенны является объемной трехмерной фигурой, в общем случае, неправильной формы.

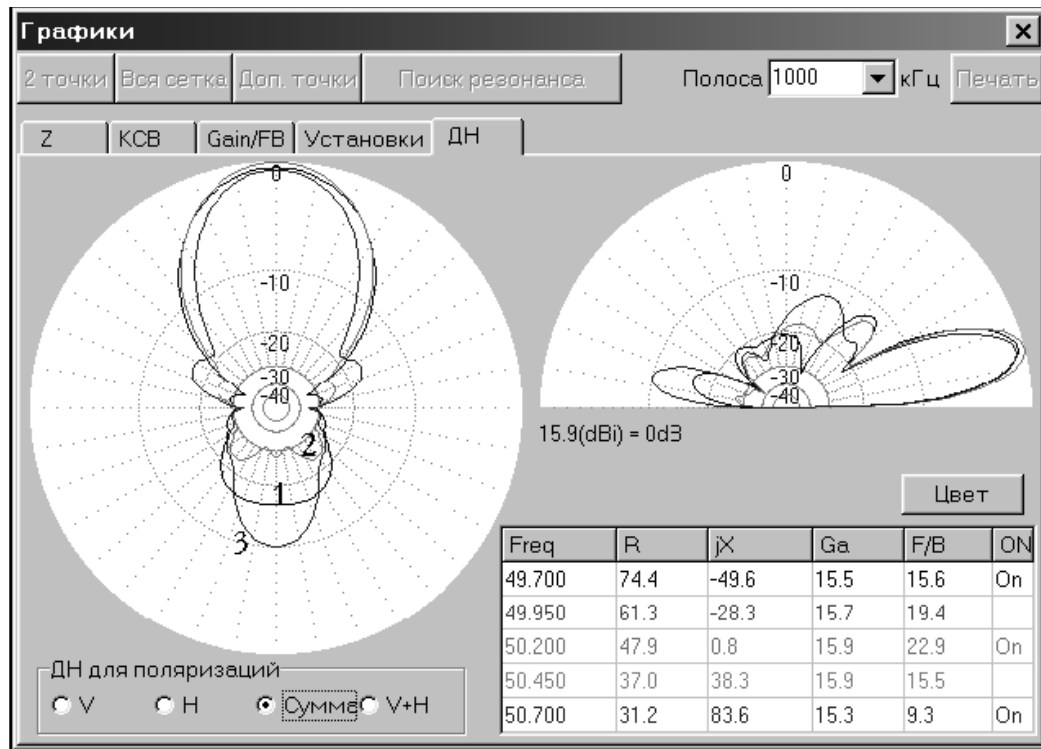


Рисунок 14 - Окно закладки **Диаграмма направленности**

В окошке **ДН для поляризаций** можно выбрать для какой поляризации (вертикальной V, горизонтальной H, их суммы V+H) будут построены ДН.

После того, как получены все параметры антенны в закладке **Вычисления**, можно исправить конструктивные элементы антенны. Это можно сделать и в закладке **Геометрия**, изменяя вручную координаты проводов, но путь этот громоздок и весьма трудоемок. Проще использовать кнопку **Правка провода** и вызвать окно, которое создавать и редактировать антенну только мышью без перебора цифр в закладке **Геометрия**.

В открывшемся окне в соответствии с рисунком 16 имеются четыре закладки с очевидным назначением – трехмерный вид антенны, а также двухмерные в каждой из трех плоскостей. В трех последних случаях для облегчения проектирования на изображение накладывается координатная сетка с указанием масштаба.

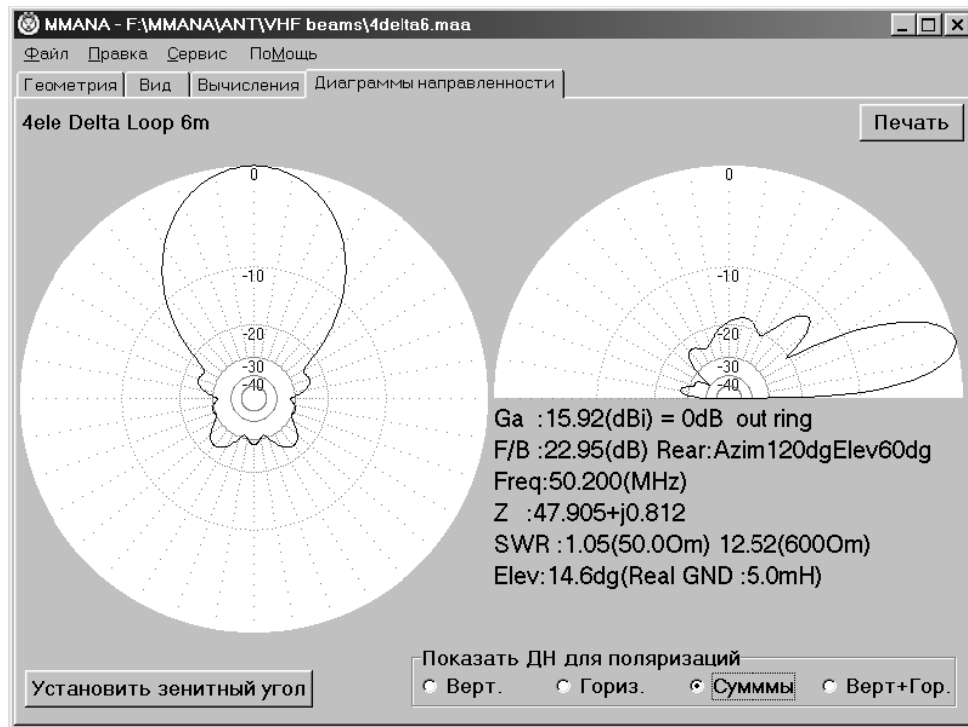


Рисунок 15 - Вид диаграммы направленности для суммы вертикальной и горизонтальной поляризаций

Кроме очевидных движков **Масштаб** и **Вращать** имеется еще ряд кнопок, рассмотрим их.

Первая кнопка (с наклонной белой стрелкой) включает режим редактирования-перетаскивания правой кнопкой мыши существующих проводов. Щелчок – выделение провода (он при этом меняет цвет на красный), щелчок и удержание клавиши нажатой – перетаскивание провода. Причем, если взять выделенный провод за край (курсор совмещается с концом провода и превращается в крестик – это называется выделением конца провода), то будет перетаскиваться только один его конец, а второй останется на месте. Если же взять середину провода (при этом рядом с курсором появится небольшой белый прямоугольник), перемещаться будет весь провод параллельно исходному положению.

Электрические соединения при этом не разрываются, то есть будут перемещаться и концы тех проводов, которые электрически соединены с перемещаемым проводом.

Вторая кнопка (с тонкой диагональной линией) включает режим рисования новых проводов. Необходимо щелкнуть в нужном месте координатной сетки пра-

вой кнопкой и, держа ее нажатой, нарисовать провод. С этого действия обычно и начинается рисование новой антенны.

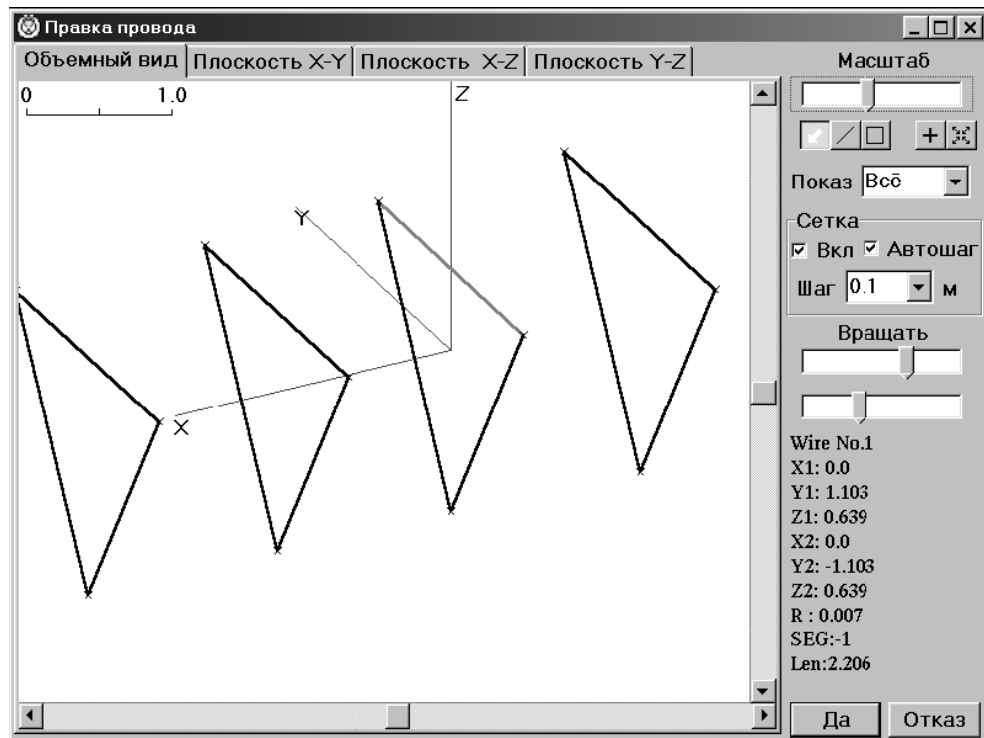


Рисунок 16 - Окно закладки **Правка провода**

Третья кнопка (с квадратиком внутри) аналогична второй, но рисуется не один провод, а сразу «квадрат» или прямоугольник.

Следующие две отдельно расположенные кнопки относятся к управлению изображением, поэтому работают при выборе любой закладки изображения.

Четвертая кнопка (с плюсом внутри) устанавливает центр изображения на начало координат ($X = 0$, $Y = 0$, $Z = 0$).

Последняя пятая кнопка (с четырьмя стрелками по углам) устанавливает нормальный масштаб, помещая центр изображения на геометрический центр антенны.

В меню **Показ** имеется выбор из трех строк: **Все** – показ всех проводов антенны; **Плоск** – показ только тех проводов, которые лежат в одной плоскости с выделенным проводом; **Элемент** – показ только проводов, электрически соединенных с выделенным.

В окне **Сетка** устанавливаются параметры координатной сетки.

Под движками **Вращать** при выделении провода появляется его полное описание, включая его длину.

4 Порядок проведения исследований

Запустить программу MMANA.

4.1. Исследование четверть волнового несимметричного вибратора (штыревой антенны)

1. Исследование зависимости коэффициента усиления и формы диаграммы направленности от частоты при постоянных геометрических размерах антенны.

Загрузить файл «Первый».

Убедиться на вкладке **Геометрия**, что длина антенны (параметр $Z2$ равна $1/4$ длины волны или 8 см, материал антенны - медь, параметры влияния земли - свободное пространство и рабочую частоту 450 МГц (вкладка **Вычисления**). Зарисовать антенну, используя вкладку **Вид**.

а) Выполнить вычисления, нажав кнопку **Пуск**. Находясь на вкладке **Вычисления** нажать кнопку **Графики**. Выбрать вкладку **Gain/FB**, установить полосу частот 80 кГц и нажать кнопку **Дополнительные точки**. Перерисовать в тетрадь полученный график коэффициента усиления антенны **Ga** (обозначен черным цветом). Перейти на вкладку **Диаграммы направленности** и зарисовать ДН в двух плоскостях.

б) Вернуться на вкладку **Вычисления**. Установить частоту 900 МГц. Прodelать те же самые операции, что и в пункте «а»).

в) На вкладке **Вычисления** установить частот 1800 МГц. Прodelать те же самые операции, что и в пункте «а»).

г) На вкладке **Вычисления** установить частот 3600 МГц. Прodelать те же самые операции, что и в пункте «а»).

д) Просмотреть, как изменяется форма диаграммы направленности при влиянии земли (Установка **Земля** - реальная на вкладке **Вычисления**, а высота антенны 1 метр над землей).

е) Построить график зависимости коэффициента усиления антенны **Ga** от частоты (450, 900, 1800, 3600 МГц). Сделать выводы о влиянии рабочей частоты на вид ДН и величину коэффициента усиления антенны **Gain/FB**. Сделать вывод о влиянии земли на ДН антенны.

2. Исследование влияния геометрических размеров антенны на ее основные технические характеристики.

а) На вкладке **Геометрия** установить длину антенны (параметр Z2) равной 15 см. Установить материал антенны - медь, параметры влияния земли - свободное пространство и рабочую частоту 900 МГц.

б) Выполнить вычисления, нажав кнопку **Пуск**. Перейти в окно **Графики** (нажав кнопку **Графики**) и получить график коэффициента усиления антенны **Ga** (обозначен черным цветом). Вернуться во вкладку **Вычисления** и открыть вкладку **Диаграммы направленности**. Зарисовать ДН в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

в) Вернуться на вкладку **Геометрия** и установить длину антенны (параметр Z2) равной 10 см. Прodelать все операции согласно пункта «б»).

г) На вкладке **Геометрия** установить длину антенны (параметр Z2) равной 5 см. Прodelать все операции согласно пункта «б»).

д) На вкладке **Геометрия** установить длину антенны (параметр Z2) равной 1 см. Прodelать все операции согласно пункта «б»).

е) Просмотреть, как изменяется форма диаграммы направленности при влиянии земли (Установка **Земля** - реальная на вкладке **Вычисления**, а высота антенны 1 метр над землей).

ж) Построить график зависимости коэффициента усиления антенны **Ga** от геометрических размеров вибратора (15, 10, 5, 1 см). Сделать выводы о влиянии размеров антенны на вид ДН и величину коэффициента усиления антенны **Gain/FB**. Объяснить наклон графика **Gain**. Сделать вывод о влиянии земли на ДН антенны.

4.2 Исследование полуволнового симметричного вибратора (диполя)

1. Исследование зависимости коэффициента усиления и формы диаграммы направленности от частоты при постоянных геометрических размерах антенны.

Загрузить файл «Второй».

Убедиться на вкладке **Геометрия**, что длина антенны (параметры $Y1$ и $Y2$ равна $1/2$ длины волны или 15 см, материал антенны - медь, параметры влияния земли - свободное пространство и рабочую частоту 450 МГц (вкладка **Вычисления**). Зарисовать антенну, используя вкладку **Вид**.

а) Выполнить вычисления, нажав кнопку **Пуск**. Находясь на вкладке **Вычисления** нажать кнопку **Графики**. Выбрать вкладку **Gain/FB**, установить полосу частот 80 кГц и нажать кнопку **Дополнительные точки**. Перерисовать в тетрадь полученный график коэффициента усиления антенны **Ga** (обозначен черным цветом). Перейти на вкладку **Диаграммы направленности** и зарисовать ДН в двух плоскостях.

б) Вернуться на вкладку **Вычисления**. Установить частоту 900 МГц. Прodelать те же самые операции, что и в пункте «а»).

в) На вкладке **Вычисления** установить частоту 1800 МГц. Прodelать те же самые операции, что и в пункте «а»).

г) На вкладке **Вычисления** установить частоту 3600 МГц. Прodelать те же самые операции, что и в пункте «а»).

д) Просмотреть, как изменяется форма диаграммы направленности при влиянии земли (Установка **Земля** - реальная на вкладке **Вычисления**, а высота антенны 30 метров над землей).

е) Построить график зависимости коэффициента усиления антенны **Ga** от частоты (450, 900, 1800, 3600 МГц). Сделать выводы о влиянии рабочей частоты на вид ДН и величину коэффициента усиления антенны **Gain/FB**. Сделать вывод о влиянии земли на ДН антенны.

2. Исследование влияния геометрических размеров антенны на ее основные технические характеристики.

а) На вкладке **Геометрия** изменить длину вибраторов антенны (параметры $Y1$, $Y2$) и сделать равными, соответственно, минус 30 и плюс 30 см. Установить материал антенны - медь, параметры влияния земли - свободное пространство и рабочую частоту 900 МГц.

б) Выполнить вычисления, нажав кнопку **Пуск**. Перейти в окно **Графики** (нажав кнопку **Графики**) и получить график коэффициента усиления антенны **Ga** (обозначен черным цветом). Вернуться во вкладку **Вычисления** и открыть вкладку **Диаграммы направленности**. Зарисовать ДН в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

в) Вернуться на вкладку **Геометрия** и установить длину антенны (параметры Y1, Y2), соответственно, минус 15 и плюс 15 см. Прodelать все операции согласно пункта «б»).

г) На вкладке **Геометрия** установить длину антенны (параметры Y1, Y2), соответственно, минус 7,5 и плюс 7,5 см. Прodelать все операции согласно пункта «б»).

д) На вкладке **Геометрия** установить длину антенны (параметры Y1, Y2), соответственно, минус 2,5 и плюс 2,5 см. Прodelать все операции согласно пункта «б»).

е) Просмотреть, как изменяется форма диаграммы направленности при влиянии земли (Установка **Земля** - реальная на вкладке **Вычисления**, а высота антенны 30 метров над землей).

ж) Построить график зависимости коэффициента усиления антенны **Ga** от геометрических размеров вибратора (60, 30, 15, 5 см). Сделать выводы о влиянии размеров антенны на вид ДН и величину коэффициента усиления антенны **Gain/FB**. Объяснить наклон графика **Gain**. Сделать вывод о влиянии земли на ДН антенны.

4.3 Исследование направленной антенны типа «Волновой канал» (директорной антенны)

1. Исследование зависимости коэффициента усиления и формы диаграммы направленности от частоты при постоянных геометрических размерах антенны.

Загрузить файл «Третий».

Обратить внимание на конструкцию, антенны, представляющую собой комбинацию полуволнового вибратора, рефлектора(отражателя) и направляющих(директоров) которых может быть от 0 до 2-х десятков. В данном случае представлена антенна волновой канал с двумя директорами.

На вкладке **Геометрия** описываются геометрические размеры каждого элемента антенны. Зарисовать антенну, используя вкладку **Вид**.

Данные антенны позволяют получить усиление порядка 5 - 15 дБ, однако являются достаточно узкополосными.

а) Используя изученную ранее методику измерения параметров снять амплитудно-частотную характеристику антенны (зависимость коэффициента усиления **Ga** от частоты) в диапазоне частот от 800 до 1200 МГц с шагом 50 МГц. Полученные данные занести в таблицу.

б) Исследовать вид ДН при различных рабочих частотах: 450, 700, 900, 1200 МГц

в) Построить график зависимости коэффициента усиления антенны **Ga** от частоты (800 - 1200 МГц). Сделать выводы о влиянии рабочей частоты на вид ДН и величину коэффициента усиления антенны **Gain/FB**.

2. Исследование зависимости коэффициента усиления и формы диаграммы направленности от количества направляющих (директоров).

а) На вкладке **Вычисления** установить материал антенны - без потерь, параметры влияния земли - свободное пространство и рабочую частоту 900 МГц. Нажать кнопку **Пуск**, зафиксировать коэффициент усиления антенны и зарисовать диаграмму направленности.

б) Убрать одну направляющую (директор). Для этого нажать кнопку **Правка провода**, нажать кнопку редактирования (с белой стрелкой внутри), щелкнуть левой кнопкой мыши по крайнему директору (он окрасится в красный цвет), затем правой кнопкой вызвать контекстное меню и выбрать команду **Удалить провод**. После этого нажать кнопку **Да**. Провести измерения по пункту «а»).

в) Убрать еще одну направляющую (директор). Для этого нажать кнопку **Правка провода**, нажать кнопку редактирования (с белой стрелкой внутри), щелкнуть левой кнопкой мыши по крайнему директору (он окрасится в красный цвет), затем правой кнопкой вызвать контекстное меню и выбрать команду **Удалить провод**. После этого нажать кнопку **Да**. Провести новые измерения по пункту «а»).

г) Сделать выводы по проведенному исследованию.

4.4 Исследование многоэлементной узконаправленной антенны типа «волновой канал»

Загрузить файл «Четвертый».

Зарисовать антенну, используя вкладку **Вид**.

Произвести вычисление параметров, перейти на вкладку **Диаграммы направленности** и зарисовать полученную ДН. Просмотреть, как изменяется ДН антенны при отклонении от рабочей частоты на 100 МГц в большую и меньшую сторону. Сделать выводы по проведенному исследованию.

5 Содержание отчета

1. Рисунки исследуемых антенн.
2. Рисунки ДН в соответствии с пунктами исследования.
3. Таблицы с расчетными значениями коэффициентов усиления **Ga**.
4. Выводы по каждому разделу исследования

6 Контрольные вопросы

1. Что называется фидером? От чего зависит конструкция фидера?
2. Изобразите схематически вид несимметричного вибратора.
3. Поясните работу симметричного вибратора как излучателя.
4. Что понимают под электрической прочностью антенны?
5. Что определяет амплитудная диаграмма направленности?
6. Какова форма диаграммы направленности элементарного электрического вибратора (диполя)?
7. Какая диаграмма направленности называется нормированной?
8. Что показывает диаграмма направленности антенны по мощности?
9. Что подразумевается под шириной главного лепестка диаграммы направленности? Как она определяется?

10. Каков основной показатель ненаправленных антенн?
11. В чем отличие фазовой и поляризационной диаграммы направленности?
12. Что подразумевается под КНД антенны?
13. Что называется КУ антенны?
14. Как вычислить КПД антенны зная ее КУ и КНД?
15. Что называется действующей (эффективной) длиной приемной антенны?
16. Что называется действующей (эффективной) площадью приемной антенны?
17. Что подразумевают под энергетической эффективностью антенны? Как он определяется?
18. Сравните, во сколько раз отличаются КНД двух антенн, если известны их значения в децибелах: $D_1=20$ дБ и $D_2=40$ дБ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Драбкин А.Л., Зузенко В.Л., Кислов А.Г. Антенно-фидерные устройства. Сов. Радио, 1974, - 536 с.
2. Мануилов Б.Д., Мануилов М.Б. Линейные антенны и решётки. РИС ЮРГУЭС, 2004, - 56 с.
3. Фрадин А.З. Антенно-фидерные устройства. Связь, 1977, - 440 с.
4. Ерохин Г.А., Чернышёв О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский Г.Н. Антенно-фидерные устройства. Горячая линия - Телеком, 2004, - 491 с.
5. Гончаренко И.В. Компьютерное моделирование антенн. М.: Радиософт, 2002. - 80 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Исследование программ Xirrus Wi-Fi Inspector и InSSIDer 2.0

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	36
1 Исследование программы Xirrus Wi-Fi Inspector	37
1.1 Краткие теоретические сведения о технологии Wi-Fi	37
1.2 Исследование программы Xirrus Wi-Fi Inspector	43
1.3 Практические задания	48
1.4 Контрольные вопросы	49
2 Исследование программы InSSIDer 2.0	49
2.1 Краткие теоретические сведения об оборудовании сети Wi-Fi	50
2.2 Исследование программы InSSIDer 2.0	54
2.3 Практические задания	62
3 Контрольные вопросы	63
Список использованных источников	63

ВВЕДЕНИЕ

Беспроводные компьютерные сети — это технология, позволяющая создавать вычислительные сети, полностью соответствующие стандартам для обычных проводных сетей (например, Ethernet), без использования кабельной проводки. В качестве носителя информации в таких сетях выступают радиоволны СВЧ-диапазона. Одной из наиболее распространенных в этом классе стала технология Wi-Fi.

Существует много программ предназначенных для этих целей.

Одной программой является - Xirrus Wi-Fi Inspector, позволяющая определить местоположения точек доступа Wi-Fi и их параметров.

Другой программой является специализированная программа InSSID 2.0. Программа позволяет пользователям сканировать Wi-Fi и анализировать сети после чего предоставить пользователю информацию о мощности роутера и других его характеристиках.

Целью работы является приобретение навыков практического использования указанных выше программ.

1 Исследование программы Xirrus Wi-Fi Inspector

1.1 Краткие теоретические сведения о технологии Wi-Fi



Wi-Fi - (англ. аббревиатура от Wireless Fidelity - беспроводная высокая точность). Технология Wi-Fi постоянно совершенствуется, что позволяет передавать большой поток данных, обеспечивает более надежную связь и защиту. Последнее время ноутбуки, сотовые телефоны, КПК, игровые приставки и даже компьютерные мыши осуществляют связь на основе Wi-Fi технологии. Возможности технологии представлены на рисунке 1.

На данный момент, наибольшее распространение на рынке получили стандарты Wi-Fi представленные в таблице 1. Как видно из таблицы большинство актуальных стандартов технологии Wi-Fi используют частотный диапазон 2,4ГГц, а если точнее — полосу частот 2400МГц-2483,5МГц. Данный диапазон является нелицензируемым на всей территории РФ. Согласно приказу № 124 «Об утверждении Правил применения оборудования радиодоступа», датированный 14 сентября 2010 года. Использовать данное оборудование без постановки на учет в специальном органе, который называется ГКРЧ, можно абсолютно легально, при условии, что мощность передатчика не превышает 100мВт (20дБм), если это устройство стандарта IEEE 802.11 b. Так же без постановки на учет можно легально пользоваться

устройствами стандартов IEEE 802.11 g и IEEE 802.11 n, если их излучаемая мощность не превышает 250мВт (24дБм).

Таблица 1 - Стандарты WiFi

Стандарт IEEE	Частотный диапазон работы сетей, ГГц	Год ратификации WiFi	Теоретическая пропускная способность, Мбит/с	Реальная скорость передачи данных, Мбит/с
802.11 b	2,4	1999	11	5
802.11 a	5	2001	54	20
802.11 g	2,4	2003	54	20
	2,4	2005	108	40
802.11 n	2,4	-	150	50
	2,4	-	270	50-80
	2,4	2006	300	50-120
	2,4 и 5	2009	300	50-120
	2,4/ 2,4 и 5	-	450	-

Кроме частотного диапазона 2,4ГГц современные актуальные стандарты Wi-Fi используют диапазон 5ГГц в полосах частот 5,180-5,240ГГц и 5,745-5,825ГГц. Согласно вышеупомянутому приказу в РФ без постановки на учет можно использовать оборудование, работающее на частотном диапазоне 5ГГц, при условии, что излучаемая мощность на полосах частот 5150-5250МГц, 5250-5350МГц не превышает 100 мВт и не превышает 1Вт, при работе на полосах 5650-5725МГц; 5725-5825МГц; 5825-6425МГц.

Оба частотных диапазона (2,4 и 5ГГц) разбиты на частотные каналы. Ширина каждого частотного канала составляет 20МГц (в некоторых источниках — 22МГц для стандарта IEEE 802.11 b).

Каналы частотного диапазона 2,4ГГц. Центральная частота первого канала — 2412МГц, второго — 2417МГц, третьего — 2422МГц. Все каналы смещены относительно центра предыдущего на 5МГц. Каждый последующий канал не перекрывается с предыдущим на 5МГц. Частотные каналы для диапазона 2,4 ГГц представлены на рисунке 2.

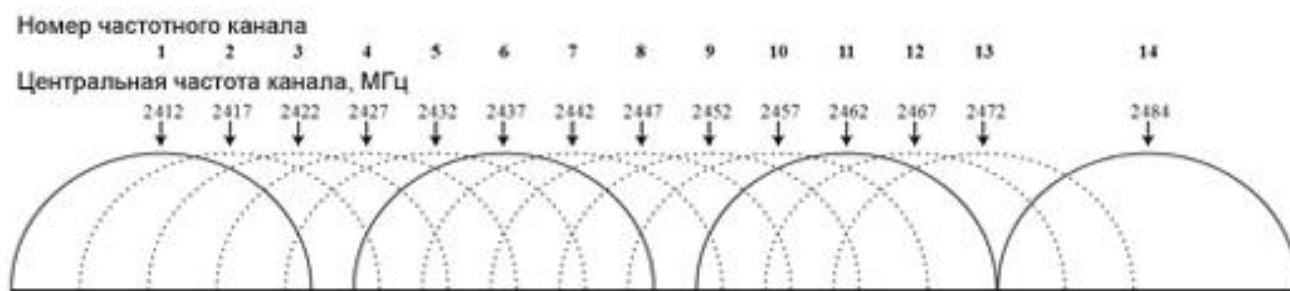


Рисунок 2 - Частотные каналы для диапазона 2,4 ГГц

Однако, есть так называемые «чистые» или «неперекрывающиеся» частотные каналы с номерами 1, 6, 11 и 14 (для Японии). При настройке Wi-Fi сетей рекомендовано использовать именно эти частотные каналы. Эти каналы не перекрываются и не накладываются с соседними, и, следовательно, устройства, создающие Wi-Fi сети, не могут влиять на соседние сети, созданные другими устройствами. Многие производители выставляют данные частотные каналы в настройках по умолчанию.

Существует несколько видов прошивок:

- FCC;
- ETSI;
- «Японская».



Рисунок 3 – Диапазоны используемые FCC

FCC (англ. Federal Communications Commission) — федеральная комиссия по связи, США. На рисунке 3 представлены диапазоны используемые FCC.

Домен или диапазон FCC технологии Wi-Fi характерен для «прошивок», драйверов и устройств, предназначенных для северной и южной Америки. Такое оборудование можно встретить не только в странах «Нового света», но и в России.

Кроме устройств с «прошивками» и драйверами для диапазона FCC, в России можно обнаружить устройства с поддержкой 12 и 13 частотного канала. Это WiFi оборудование поддерживает диапазон или домен ETSI.

ETSI (англ. European Telecommunications Standards Institute) — Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций. На рисунке 4 представлены диапазоны используемые ETSI.

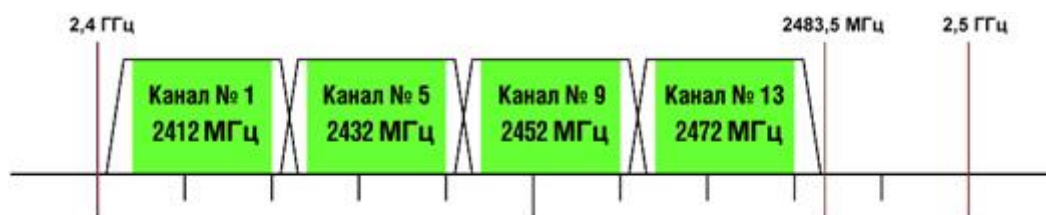


Рисунок 4 – Диапазоны используемые ETSI

В тех случаях, когда в настройках активного Wi-Fi оборудования, которое создает Wi-Fi сеть, частотный канал номер 13 выставлен вручную, у пользователей возникают проблемы: подключение к сети производится посредством Wi-Fi адаптера с драйверами для домена FCC и адаптер просто не может обнаружить сеть на «невидимом» для него 13-ом частотном канале.

Подобная проблема может возникнуть, когда в настройках активного Wi-Fi оборудования выставлен автоматический выбор частотного канала («channel — auto»). В этом случае устройство должно автоматически выбрать наименее загруженный частотный канал для работы. Зачастую, для устройств домена ETSI это «невидимые» многим адаптерам домена FCC 12-й и 13-й каналы.

Помимо ETSI существуют так называемые японские «прошивки» и драйвера для Wi-Fi устройств в соответствии с рисунком 5. В них существует поддержка 14 частотного канала, который недоступен в домене ETSI.



Рисунок 5 – Диапазоны, используемые японской прошивкой.

Как видно из графика, 14 канал тоже является так называемым «чистым» и не перекрывается с соседними.

Неперекрывающиеся частотные каналы нужны для создания роуминга в сетях WiFi. В частотном диапазоне 5 ГГц таких каналов 23, на рисунке 6 представлена структура частотных каналов диапазона 5 ГГц.

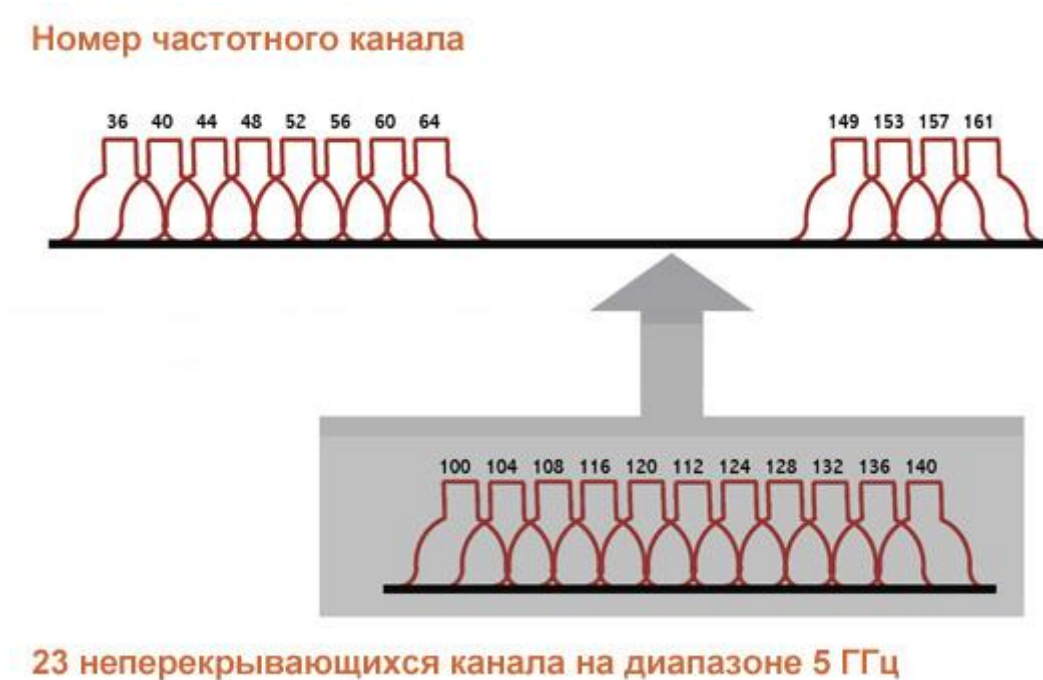


Рисунок 6 – Структура частотных каналов диапазона 5 ГГц

Все Wi-Fi оборудование можно разделить на два больших класса: активное Wi-Fi оборудование (в него входят точки доступа Wi-Fi и Wi-Fi роутеры) и Wi-Fi адаптеры.

Режим AP. Основным режимом работы активного Wi-Fi оборудования является режим AP (Access Point). В данном режиме, устройства (точки доступа Wi-Fi и Wi-Fi роутеры) создают вокруг себя радиопокрытие, находясь в котором, и, обладая устройством, способным работать в режиме AP-client можно подключиться к сети Wi-Fi. На рисунке 7 представлен принцип работы режима AP.

Режим AP-client. Наиболее типичным устройством, работающим в режиме AP-client является Wi-Fi адаптер, хотя некоторые точки доступа также могут работать в этом режиме. Wi-Fi адаптер — это устройство, позволяющее компьютерам, ноутбукам и прочим устройствам подключаться к Wi-Fi сети, созданной другими

устройствами, такими как Wi-Fi точки доступа и Wi-Fi роутеры. На рисунке 8 представлен принцип работы режима AP-client.



Рисунок 7 – Принцип работы режима AP



Рисунок 8 - Принцип работы режима AP-client

Поддержка устройством режима AP-client свидетельствует о возможности подключения данного устройства к уже существующей Wi-Fi сети, созданной устройством, настроенным или работающим в режиме AP.

Режим Repeater или режим Ретранслятора. Зачастую, существует необходимость повысить уровень сигнала в какой-либо точке сети Wi-Fi или расширить покрытие уже существующей сети. Для этого есть устройства с поддержкой режима Repeater. Принцип работы режима Repeater представлен на рисунке 9.

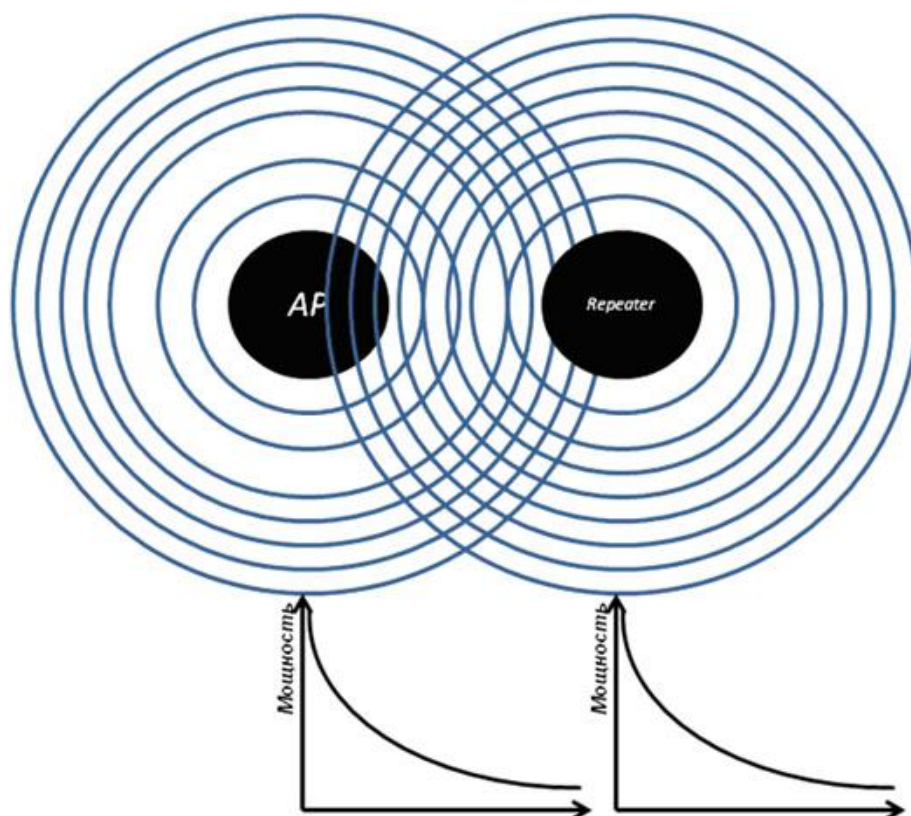


Рисунок 9 – Принцип работы режима Repeater

1.2 Исследование программы Xirrus Wi-Fi Inspector

Xirrus Wi-Fi Inspector. Xirrus Wi-Fi Inspector – это бесплатный инструмент для управления доступными WiFi-соединениями и устранения неполадок в их работе. Общий вид интерфейса представлен на рисунке 10. По запросу пользователя утилита выведет на дисплей список всех обнаруженных беспроводных сетей, обозначит область покрытия и близость точек доступа, а также предоставит другую подробную информацию. Пользователи также смогут провести ряд быстрых тестов для оценки скорости соединения и качества сигнала.

При запуске программы появляется стартовое окно. В данном окне автоматически показывается краткий список точек доступа, и информация о них.



Рисунок 10 – Общий вид интерфейса

Для вывода полного списка точек доступа в зоне досягаемости необходимо перейти во вкладку Networks. Интерфейс меню списка точек доступа представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Список точек доступа

Далее чтобы выбрать точку доступа для ее радиолокации необходимо кликнуть по ней правой кнопкой мыши, после чего появится всплывающее окно с надписью Locate «название точки».

Для определения примерного места положения точки доступа необходимо перейти в окно Radar. Так же в этом окне показывается уровень сигнала при подключении к ней. Интерфейс вкладки Radar представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Вкладка Radar

Вкладка History and Networks позволяет увидеть краткий список точек доступа и графики, показывающие уровень сигнала и его изменения за последнее время. С помощью галочек можно отметить точки доступа, для сравнения их графиков. Интерфейс вкладки History and Networks представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 - Вкладка History and Networks

Вкладка History показывает в более развернутом виде уровни выбранных точек доступа. Интерфейс вкладки History представлен на рисунке 14.

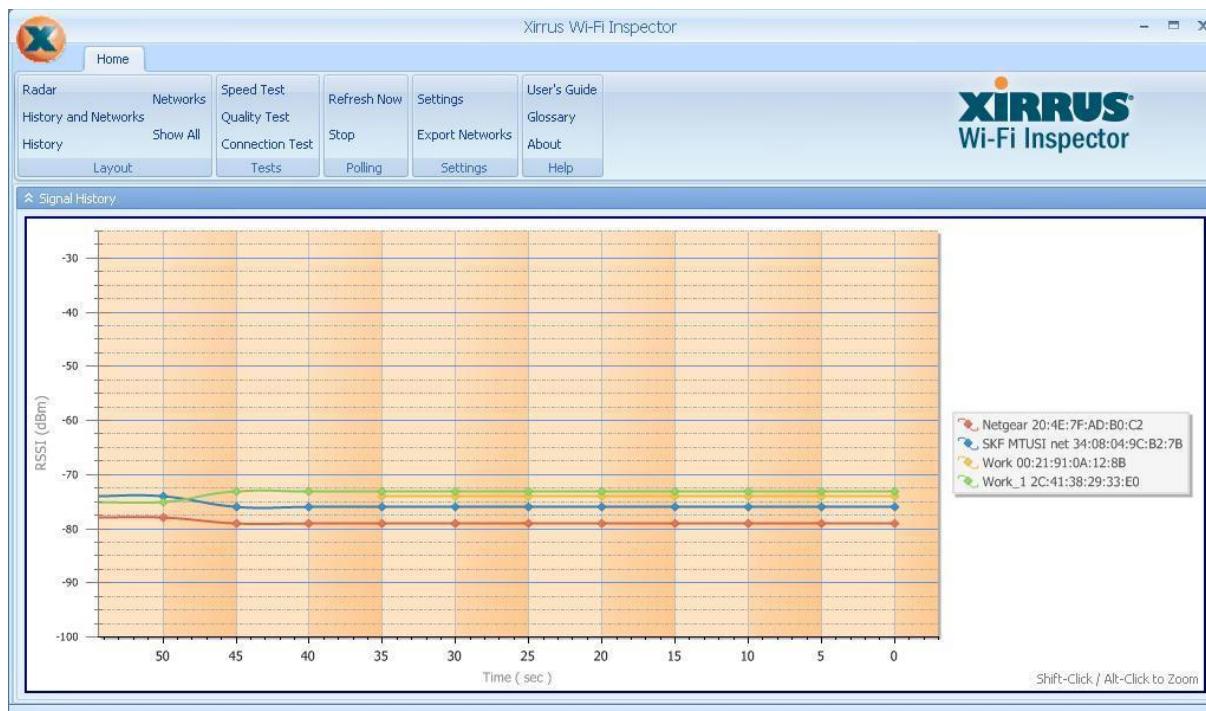


Рисунок 14 – Вкладка History

Для получения параметров точки доступа, проверки ее скорости и качества соединения необходимо подключиться к ней нажав на кнопку Connect/Disconnect. На рисунке 15 приведён пример параметров при подключении к точке доступа, отображаемых пользователю.



Рисунок 15 – Пример параметров при подключении к точке доступа

При подключении к сети, данная программа позволяет осуществлять проверки скорости и качества соединения. Для этих проверок используются ресурсы сайта

Speedtest.net и собственные ресурсы программы. На рисунке 16 приведён пример теста соединения.

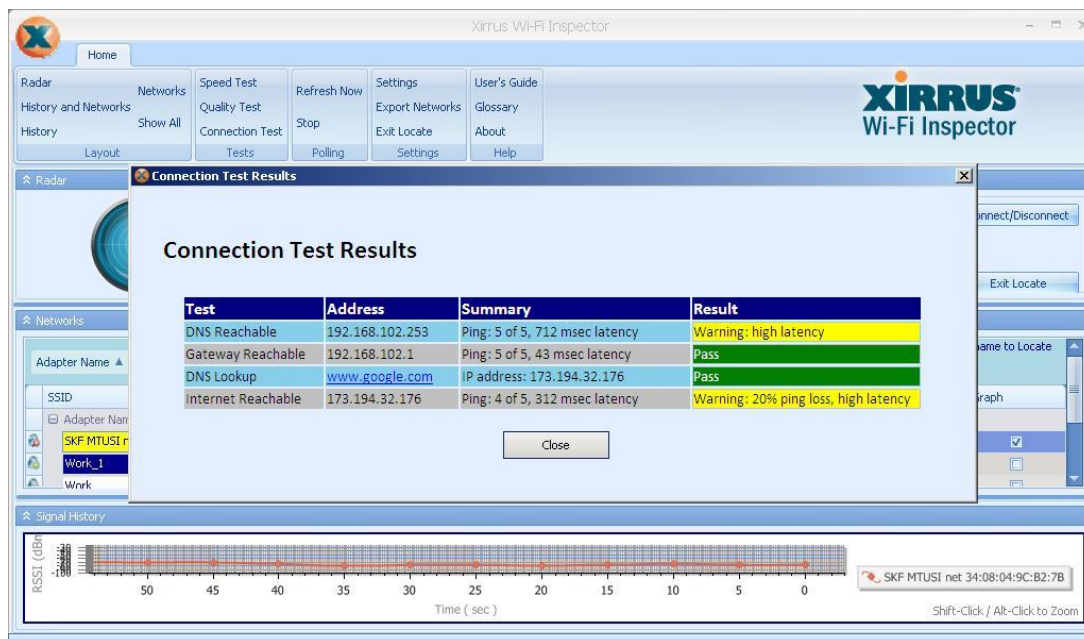


Рисунок 16 – Пример теста соединения

С помощью меню Настройки можно выбрать используемый на компьютере адаптер (если их несколько), способ представления данных (проценты или дБм), интервал обновления данных. На рисунке 17 представлен интерфейс Меню настроек.

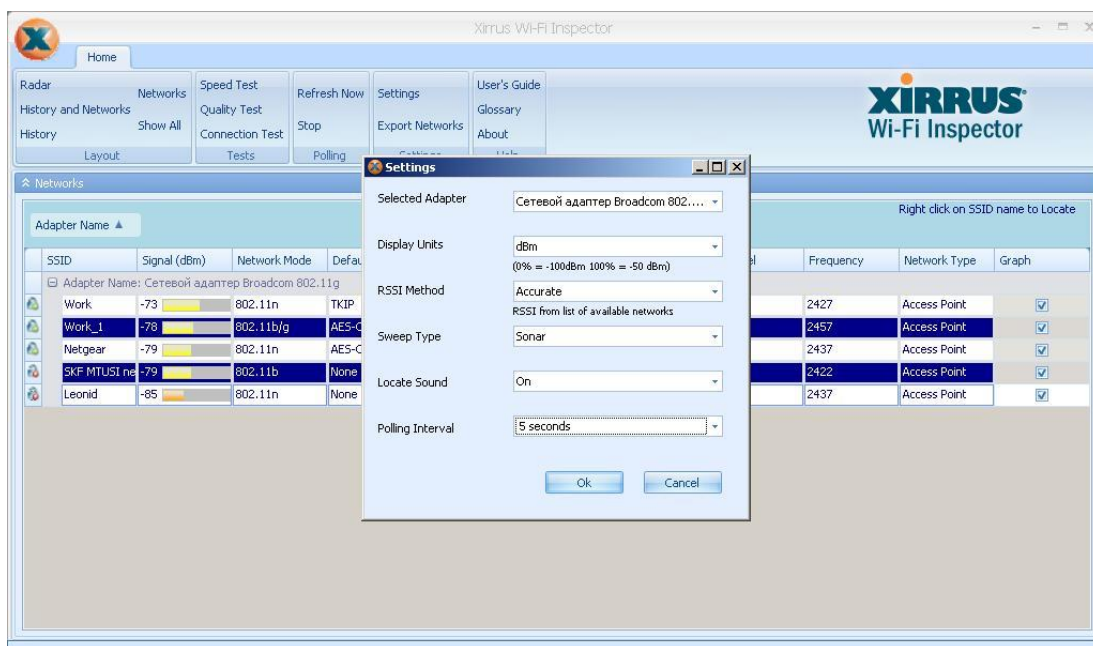


Рисунок 17 – Меню настроек

Кнопка Refresh now обновляет данные, а Stop выводит из режима автоматического обновления

1.3 Практические задания

Задание 1. Определить количество точек доступа в зоне досягаемости адаптера, осуществить их радиолокацию.

1. Запустить программу Xirrus Wi-Fi Inspector, выполнив двойной щелчок мышью на соответствующем значке рабочего стола.
2. В открывшемся окне программы Networks. В появившемся окне нажать на одну из доступных точек доступа, кликнуть по ней правой кнопкой мыши и нажать во всплывающем окне «Locate»
3. Перейти во вкладку Radar, зарисовать примерное местоположение точки доступа и записать уровень сигнала от нее.
4. Повторить пункты 3,4 еще для нескольких точек доступа.
5. Сделать выводы.

Задание 2. Подключится к точке доступа и определить ее параметры.

1. Запустить программу Xirrus Wi-Fi Inspector, выполнив двойной щелчок мышью на соответствующем значке рабочего стола.
2. В окне программы Xirrus Wi-Fi Inspector выбрать окно Show All.
3. В поле Networks выбрать одну из точек доступа.
4. В поле Connection нажать на Connect.
5. Записать данные в отчет.
6. Повторить пункты 3,4 еще на нескольких точках доступа.
7. Сделать выводы.

Задание 3. Определить зависимость уровня сигнала от расстояния до источника.

1. Запустить программу Xirrus Wi-Fi Inspector, выполнив двойной щелчок мышью на соответствующем значке рабочего стола.

2. В открывшемся окне программы Networks. В появившемся окне нажать на одну из доступных точек доступа, кликнуть по ней правой кнопкой мыши и нажать во всплывающем окне «Locate»
3. Перейти во вкладку History, записать данные об уровне сигнала на расстоянии 0,5 м. от источника.
4. Прodelать подобные действия для расстояний 1,2,3,5,7,10 м.
5. Построить график зависимости уровня сигнала от расстояния до источника.
6. Сделать выводы.

1.4 Контрольные вопросы

1. Назовите наибольшее распространение стандарты Wi-Fi.
2. На какую частоту смещены каналы относительного центра предыдущего.
3. Назовите центральную частоту 1,3,8,13 канала.
4. Какие «неперекрывающиеся» каналы и на каких частотах применяются в прошивке FCC?
5. Какие «неперекрывающиеся» каналы и на каких частотах применяются в прошивке ETSI?
6. Какие «неперекрывающиеся» каналы и на каких частотах применяются в «японской» прошивке?
7. Опишите режим AP.
8. Опишите режим AP-client.
9. Опишите режим Repeater.

2 Исследование программы InSSIDer 2.0

Цель работы. Приобретение навыков практического использования специализированной программы insider 2.0, определения параметров точек доступа Wi-Fi.

2.1 Краткие теоретические сведения об оборудовании сети Wi-Fi

Для построения Wi-Fi сети необходимо следующее оборудование:

- Wireless адаптеры, бывают — PCI и USB, также в качестве беспроводного клиента могут выступать точки доступа
- точка доступа
- антенна внешняя — направленная или круговая различной мощности.
- как опция к антенне — соединительный кабель.

Все оборудование официально поставляемое на Российский рынок проходит обязательную сертификацию. При прохождении сертификации Wi-Fi оборудование проверяется на соответствие стандартам передачи данных. На данный момент основным критерием является мощность передатчика. В России максимальное значение - 100 мВт. Отсюда и малый радиус действия оборудования в стандартной комплектации.

В основном заявленные радиусы действия производителями усреднено можно представить так: В помещении до 100 м; Вне помещения — до 300 м; (без учета помех в виде растений, перегородок, людей, и т.д.).

Беспроводные адаптеры или Wi-Fi адаптеры – это устройства, с помощью которых можно подключать компьютер или другое устройство к беспроводной сети. Подключение к сети через адаптер возможно только, если этот самый адаптер попадает в зону действия, которую точка доступа Wi-Fi создает.

Использование Wi-Fi адаптера позволяет значительно облегчить работу за компьютером. Безусловно, будь то стационарный компьютер или ноутбук, беспроводное соединение с интернетом дает массу преимуществ – нет необходимости путаться в проводах, при работе на ноутбуке существует возможность свободного перемещения в пространстве в пределах зоны покрытия сети. Разные модели Wi-Fi адаптера сегодня используют для того чтобы старый ноутбук или компьютер также имели возможность беспроводного соединения. Внутренний беспроводной адаптер представлен на рисунке 18.



Рисунок 18 - Беспроводной PCI-адаптер Wireless 150, до 150Мбит/с

Внешний вид современного Wi-Fi адаптера, представлен на рисунке 19, напоминает обычную флешкарту – это приёмо-передатчик заключённый в пластиковый корпус, которое имеет USB разъем для подключения к компьютеру. Разные модели адаптеров способны поддерживать стабильное соединение на расстоянии от 10 до 300 метров. Высокие результаты, впрочем, возможно получить лишь при использовании на открытых пространствах, в зданиях же показатель значительно уменьшается.

Существуют модели адаптеров с разными версиями Wi-Fi протокола, поддерживаемыми устройством. Чем новее протокол, тем, соответственно, быстрее и надежнее беспроводное соединение, стоимость устройства также имеет прямую зависимость от данной характеристики.



Рисунок 19 - Беспроводной USB-адаптер Wireless 150

Беспроводная точка доступа (англ. Wireless Access Point, WAP) – это беспроводная базовая станция, предназначенная для обеспечения беспроводного доступа к уже существующей сети (беспроводной или проводной) или создания новой беспроводной сети. Внешний вид спереди и сзади представлен на рисунках

20, 21. Это устройство во многом аналогично клиентскому адаптеру. Как и последний, оно состоит из приёмопередатчика и интегрированного интерфейсного чипа, но наделено бóльшим количеством интеллектуальных функций и более сложной электроникой.



Рисунок 20 – Беспроводной 2,4 ГГц (802.11n) до 300 Мбит/с точка доступа с встроенным маршрутизатором, вид спереди



Рисунок 21 – Беспроводной 2,4 ГГц (802.11n) до 300 Мбит/с точка доступа с встроенным маршрутизатором, вид сзади

Конструктивно точки доступа могут быть выполнены как для наружного использования (защищённый от воздействий внешней среды вариант), так и для использования внутри деловых и жилых помещений. Также существуют устройства, предназначенные для промышленного использования, учитывающие специфику производства.

Что касается функциональности, у различных точек доступа она может существенно различаться, предоставляя средства диагностики и контроля сети, удалённой настройки и устранения неисправностей. Кроме того, в 2010 г. появились точки доступа, позволяющие производить многопользовательский обмен файлами (их трансляцию), минуя сервер.

В плане использования все антенны для Wi-Fi-устройств можно условно разделить на два больших класса: антенны для наружного (outdoor) и для внутреннего применения (indoor). Отличаются эти антенны прежде всего своими габаритами и коэффициентом усиления. Естественно, антенны для наружного использования больше по размерам и предусматривают форму крепления либо к стене дома, либо к вертикальному столбу.

Антенны для внутреннего использования меньше по размерам и обладают более низким коэффициентом усиления. Такие антенны либо устанавливаются на столе, либо крепятся к стене или непосредственно к точке доступа.

К самой точке доступа антенны могут подсоединяться либо напрямую, либо с помощью кабеля. При этом для подсоединения антенны или кабеля к точке доступа предназначен специальный миниатюрный SMA-разъем. На точках доступа применяется разъем типа Male, а на самой антенне или антенном кабеле — разъем типа Female

Штыревая антенна. Все точки доступа стандарта 802.11b/g комплектуются штатными миниатюрными штыревыми антеннами, которые могут быть как съемными, так и стационарными. Штыревая антенна представляет собой самый простой вариант антенны. Ее часто называют также несимметричным вибратором.

Если штыревую антенну расположить вертикально, то в горизонтальной плоскости она будет излучать энергию во все стороны равномерно, поэтому в горизонтальной плоскости такая антенна является всенаправленной и, естественно, говорить о преимущественном излучении в определенном направлении не приходится. В то же время в вертикальной плоскости такая антенна излучает неравномерно. В частности, излучение вдоль оси антенны вообще отсутствует. Именно поэтому даже в случае простейшей штыревой антенны можно выделить направления, соответствующие максимальному усилению. Для штыревых антенн максимальное усиление достигается в плоскости, перпендикулярной антенне и проходящей через ее середину.

В силу изотропного характера излучения штыревой антенны, в горизонтальной плоскости точку доступа с такой антенной оптимально

устанавливать в центре офиса или квартиры, чтобы максимально охватить беспроводной сетью все пространство квартиры или офиса.

Штыревая антенна с перпендикулярным рефлектором. Конструкцию штыревой антенны можно несколько улучшить, использовав перпендикулярный к антенне рефлектор — металлическую поверхность (экран), выполняющую функцию идеальной заземляющей поверхности. Подобные антенны не производятся промышленностью (во всяком случае, в продаже их нет), однако такую антенну несложно изготовить самостоятельно.

Как и в случае обычной штыревой антенны, штыревую антенну с перпендикулярным рефлектором наиболее целесообразно устанавливать в центре помещения (квартиры или офиса).

Штыревая антенна с параллельным рефлектором. Еще один способ модифицирования штыревой антенны заключается в том, чтобы использовать не перпендикулярный, а параллельный антенне рефлектор. В этом случае существенно меняется ее диаграмма направленности и в горизонтальной плоскости такая антенна перестает быть изотропной. Такую антенну целесообразно располагать возле стены.

Итак, все направленные антенны устроены примерно одинаково и очень просто. Если антенна относится к панельному типу, то ее конструкция включает экран и излучатель, выполненный в форме прямоугольника и установленный на некотором расстоянии от экрана. Различия между антеннами заключаются лишь в размерах излучателя и экрана, а также в расстоянии между ними. В антеннах, предназначенных для использования внутри помещений, имеется один излучатель, а антенны, предназначенные для применения вне помещений, могут содержать несколько излучателей.

2.2 Исследование программы InSSIDer 2.0

InSSIDer - абсолютно бесплатная программа, которая позволяет пользователям сканировать Wi-Fi сети, после сканирования, программа InSSIDer анализирует сети, а затем предоставляет пользователю всю необходимую информацию, которая может оповестить пользователя о мощности его роутера. Среди возможностей про-

граммы также предоставление такой информации, как тип сети, скорость подключения к интернету через данную сеть, используемый канал и не только. В целом, утилита InSSIDer обладает огромным количеством всевозможных атрибутов, которые анализируются и выдаются пользователю.

При открытии программы появляется стартовое окно, в котором отображается список точек доступа в зоне досягаемости и их параметры. На рисунке 22 представлен общий интерфейс программы InSSIDer.

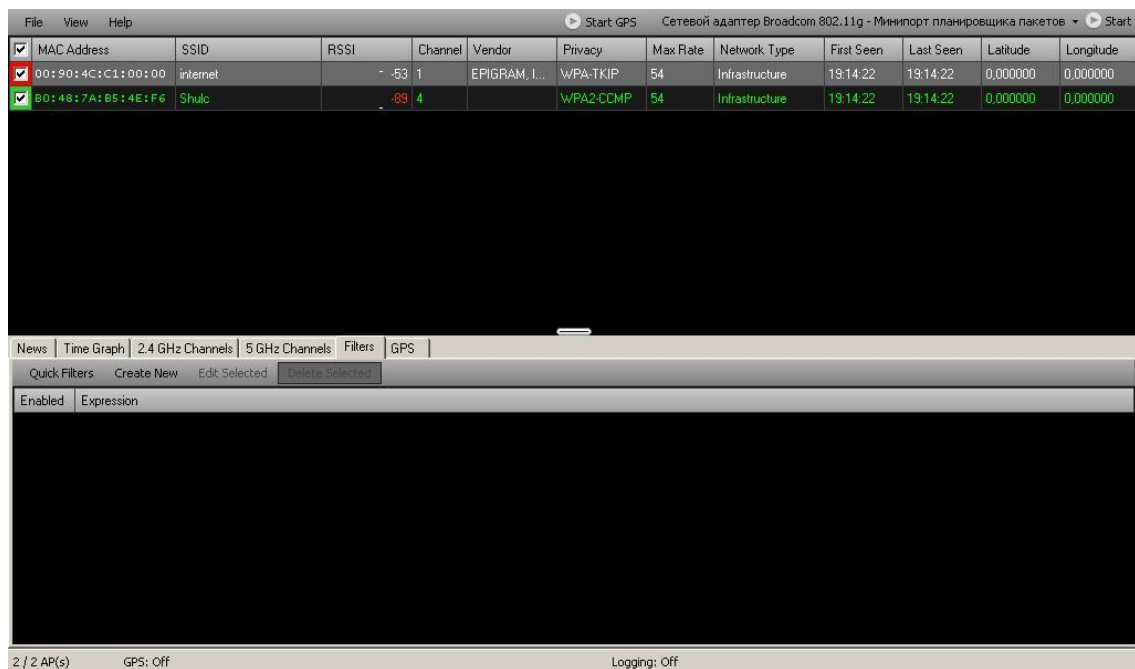


Рисунок 22 – Общий интерфейс программы InSSIDer

В правом верхнем углу выбирается тип адаптера для анализа сети, в данном случае это встроенный в ноутбук Wi-Fi адаптер Broadcom 802.11g. Нажимается кнопка Start и программа начинает автоматически отслеживать все точки доступа в радиусе действия антенны. На рисунке 23 представлен интерфейс программы при выборе сетевого адаптера.

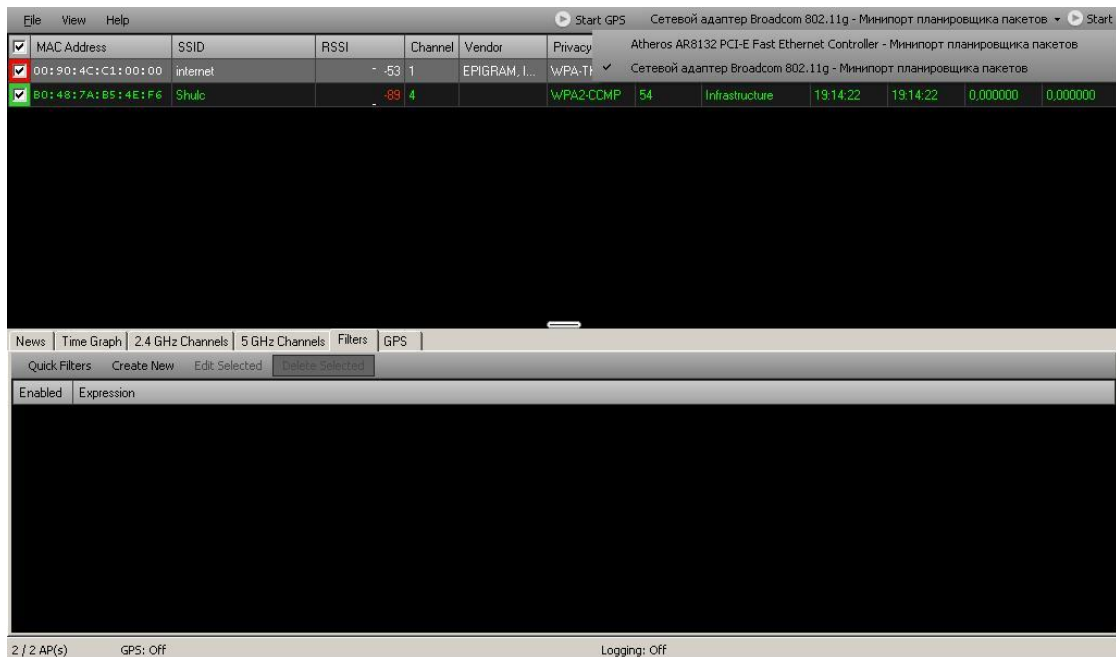


Рисунок 23 – Выбор сетевого адаптера

Вкладка News предоставляет информацию об обновлениях программы, выходе ее новых версий с описанием обновленного функционала и интерфейса. Интерфейс Вкладки News представлен на рисунке 24.

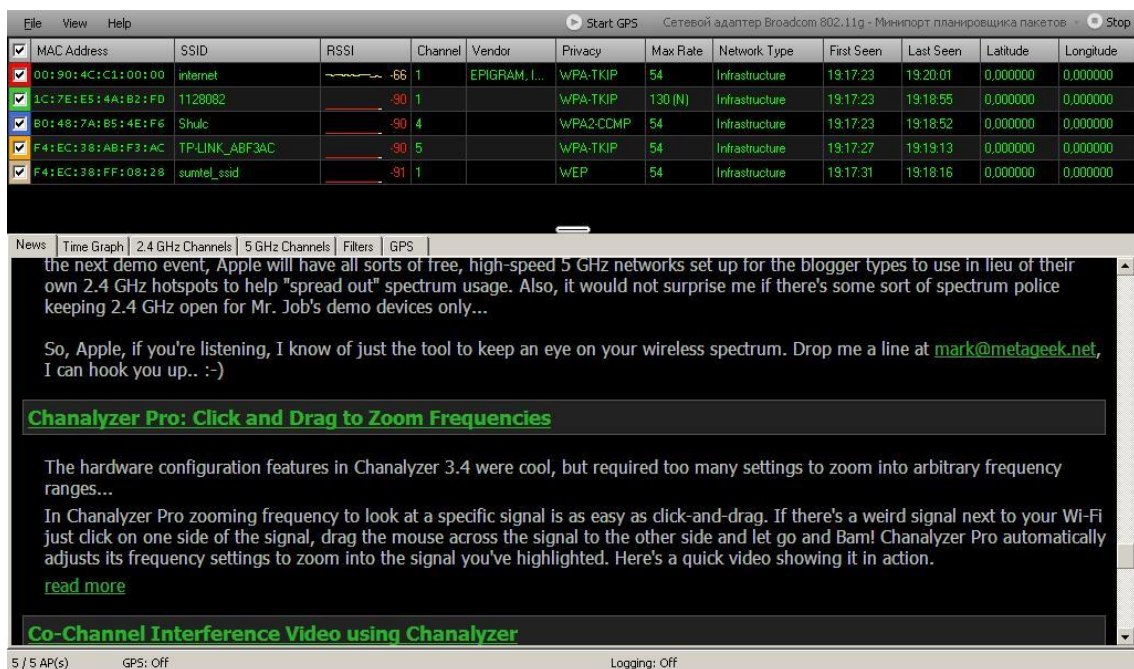


Рисунок 24 – Вкладка News

Вкладка Time Graph в реальном времени строит графики уровней доступных сигналов. Интерфейс вкладки Time Graph представлен на рисунке 25.

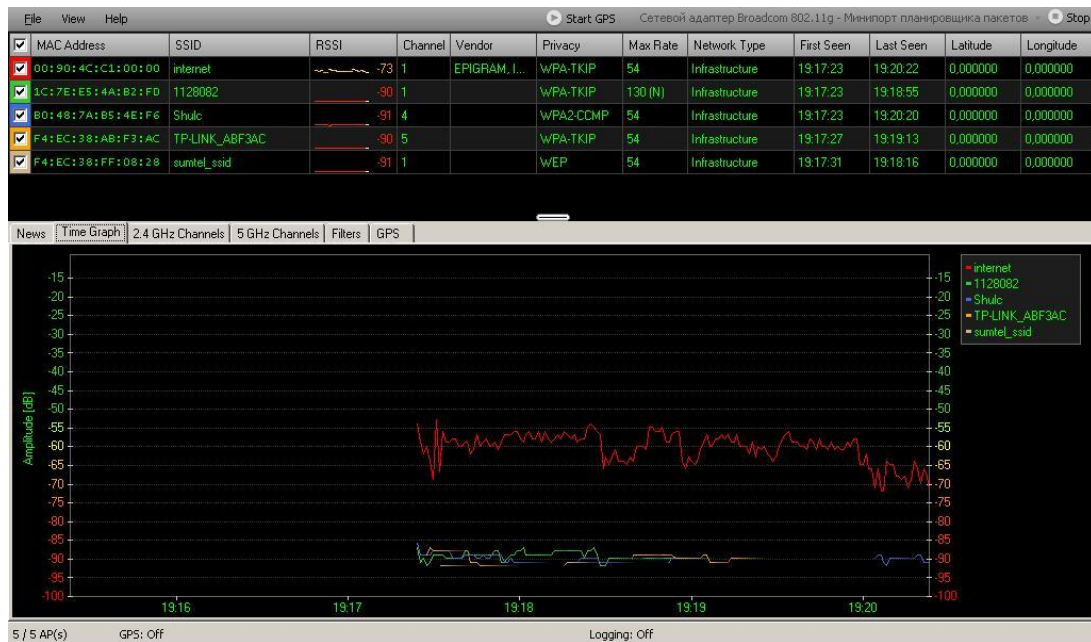


Рисунок 25 – Вкладка Time Graph

Вкладка 2,4 GHz Channels показывает точки доступа работающие в диапазоне 2,4 ГГц, рабочий канал и уровень сигнала на этом канале. На рисунке 26 изображён интерфейс вкладки 2,4 GHz Channels.

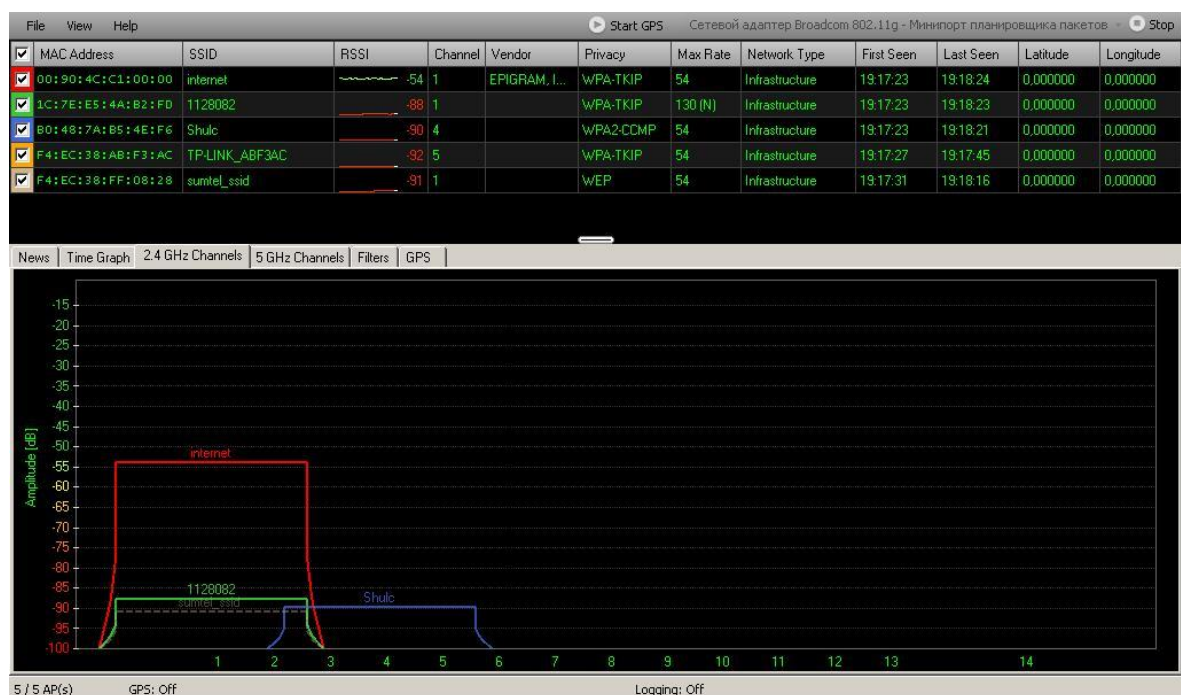


Рисунок 26 – Вкладка 2,4 GHz Channels

Вкладка 5 GHz Channels осуществляет те же функции, что и предыдущая, только для частоты 5 ГГц.

Вкладка Filters, рисунок 27, предоставляет возможность включения различных фильтров:

- используемая частота;
- используемый канал;
- уровень сигнала;
- наличие/отсутствие пароля и шифрования;
- время действия.

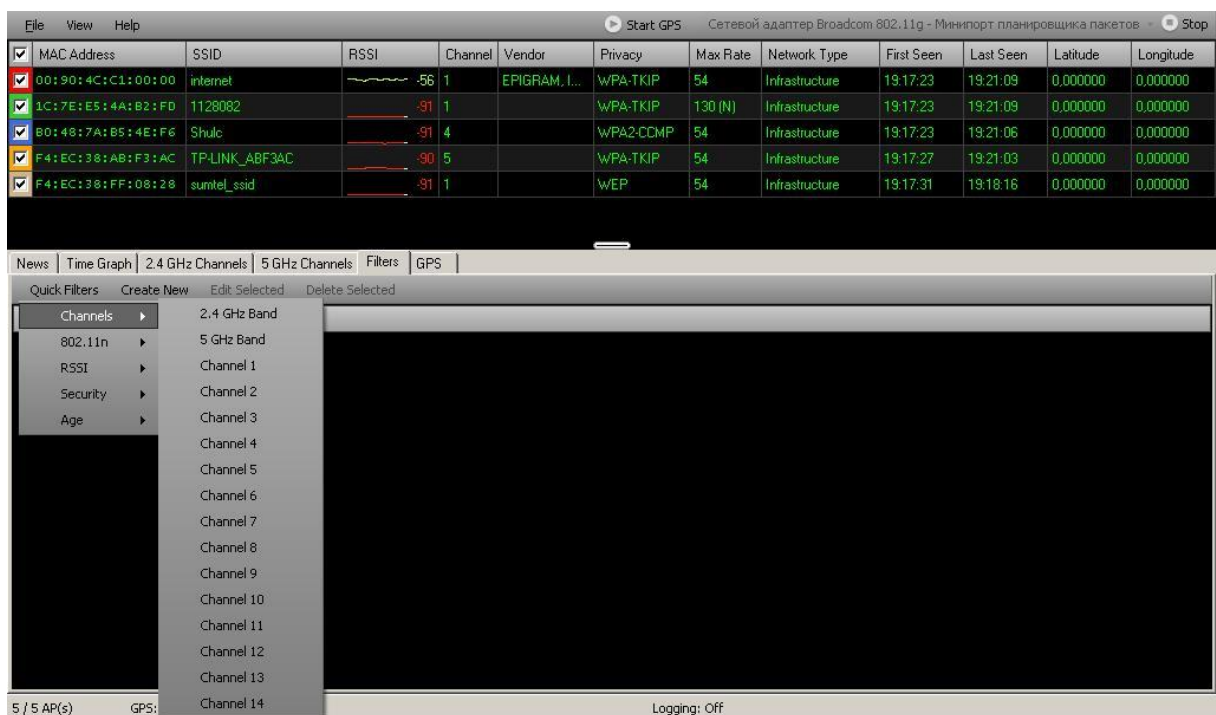


Рисунок 27 – Вкладка Filters, выбор фильтрации канала

Пример применения фильтра для 1 канала приведен на рисунке 28. Как видно из рисунка в адаптер попадает в зону действия 3 точек доступа работающих на частоте 2,4 ГГц по 1 каналу. На рисунках 29 – 32 представлены примеры применения в различных режимах работы.



Рисунок 28 – Вкладка Filters, пример применения фильтра для 1 канала

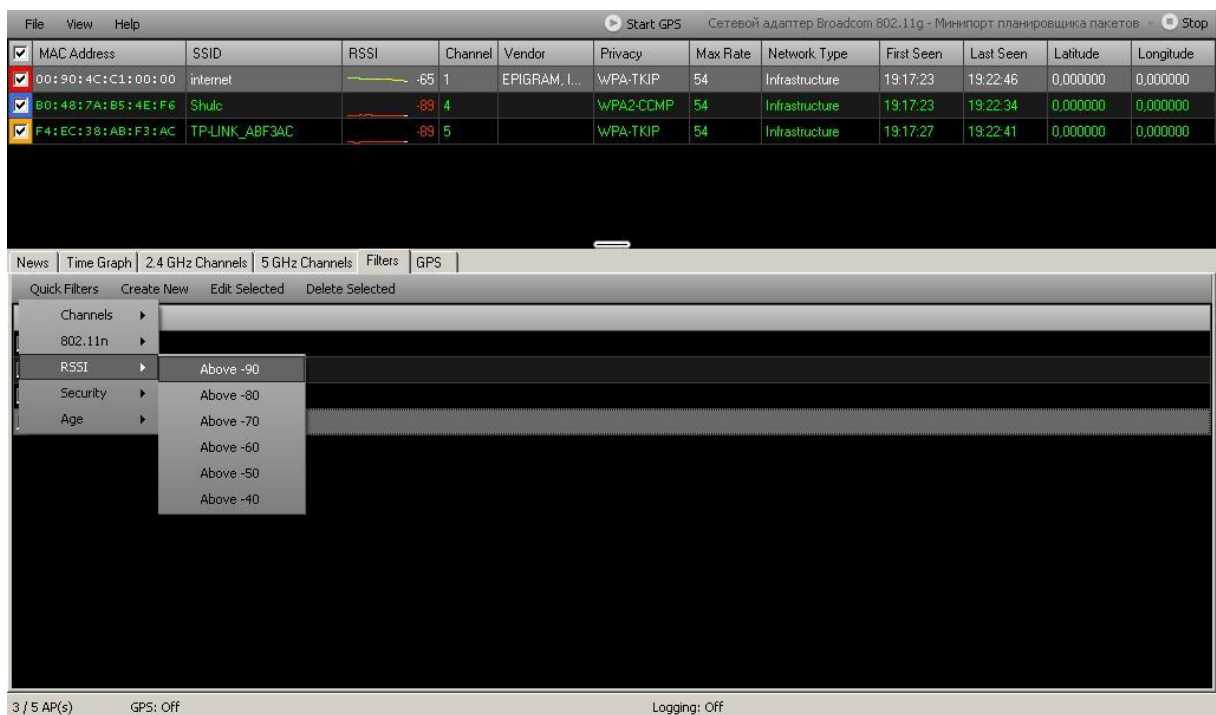


Рисунок 29 – Вкладка Filters фильтрация по уровню сигнала.

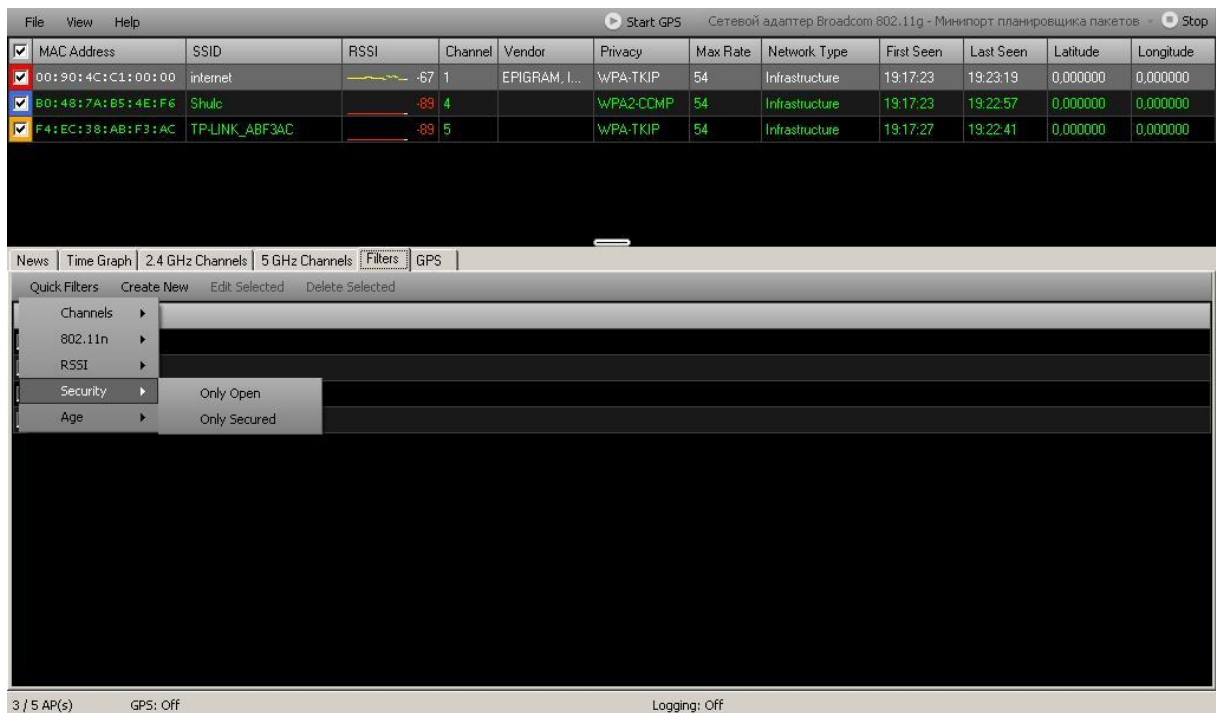


Рисунок 30 – Вкладка Filters наличие/отсутствие пароля и шифрования

В программе InSSIDer возможно одновременное применение нескольких фильтров одновременно, корректировка их параметров и даже создание новых фильтров, с параметрами необходимыми пользователю.

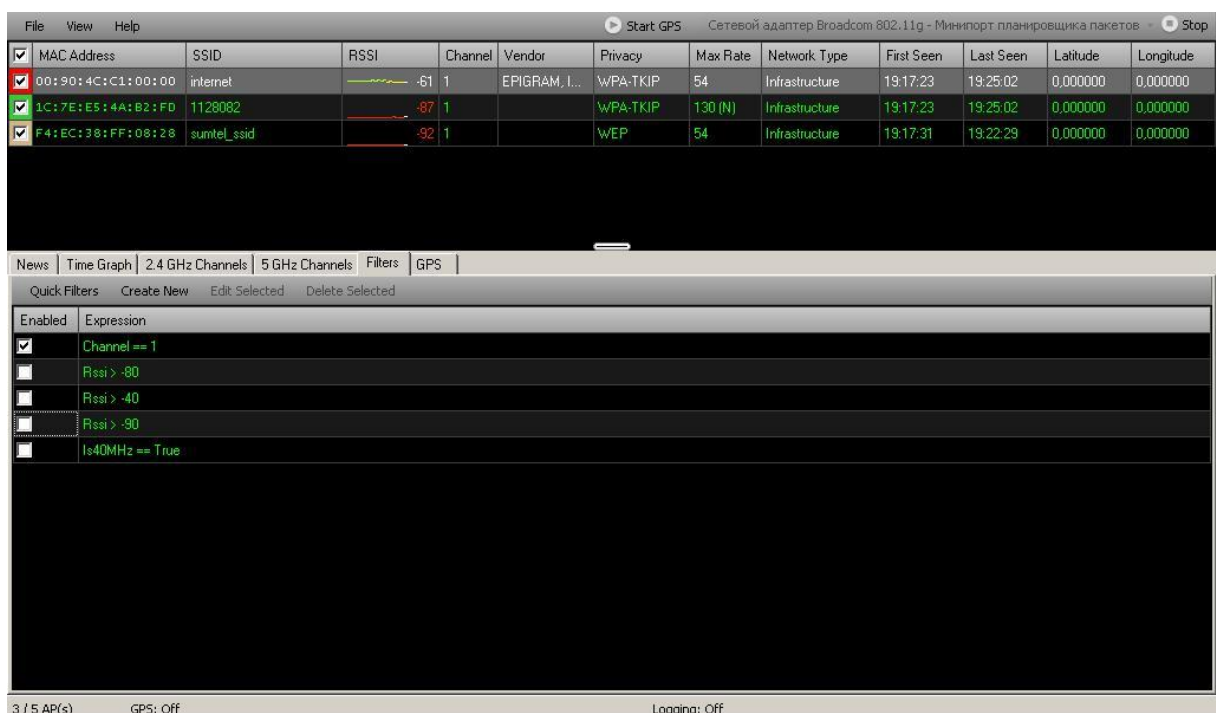


Рисунок 31 – Вкладка Filters, выбор применяемых фильтров



Рисунок 32 – Вкладка Filters, окно создания фильтра

Вкладка GPS позволяет отслеживать координаты точек доступа в радиусе действия, координаты адаптера, через который осуществляется сканирование пространства. Для работы этой функции необходимо дополнительно установить GPS модуль на используемый компьютер. На рисунке 33 представлен интерфейс вкладки GPS.

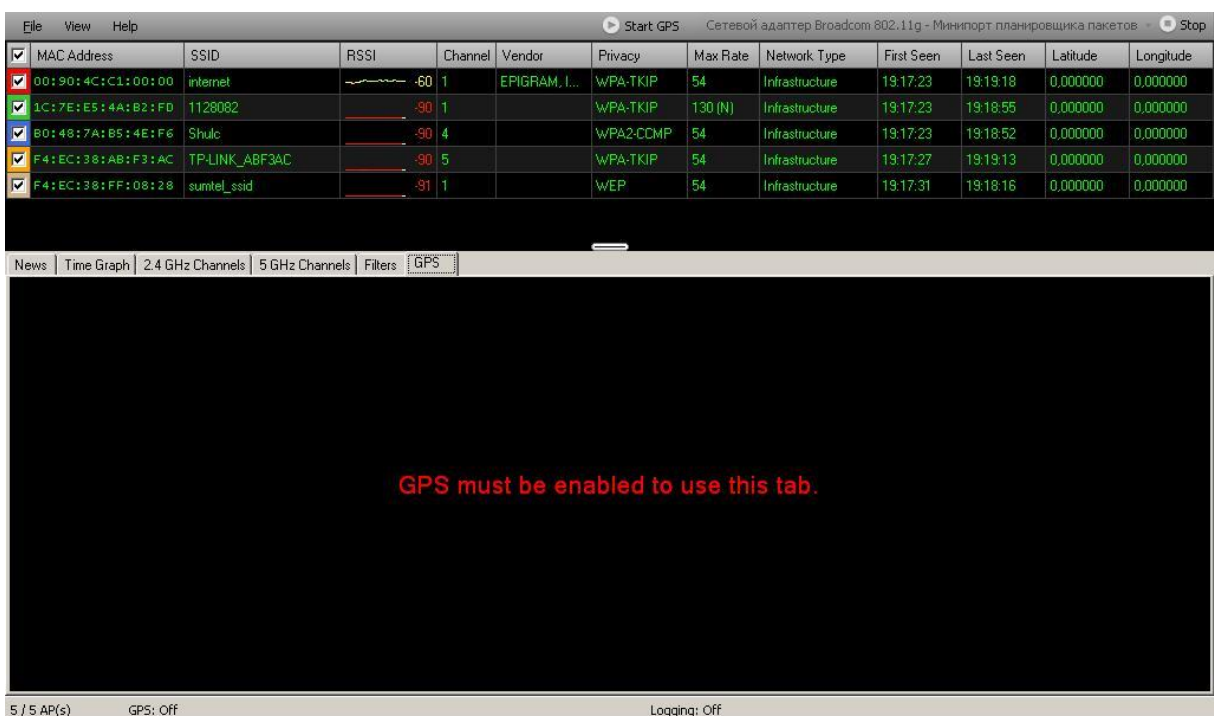


Рисунок 34 – Вкладка GPS

2.3 Практические задания

Задание 1. Изучить интерфейс программы.

1. Запустить программу InSSIDer, выполнив двойной щелчок мышью на соответствующем значке рабочего стола.
 2. Выбрать адаптер используемый при исследовании. Нажать кнопку Start.
 3. Перейти во вкладку 2,4 GHz Channels, зарисовать данные от точек доступа.
 4. Перейти во вкладку Filters, применить фильтр для 1 канала.
 5. Открыть вкладку 2,4 GHz Channels, зарисовать данные от точек доступа оставшихся после фильтрации.
 6. Перейти во вкладку Time Graph, построить график для самого мощного сигнала.
 7. Составить список доступных сетей.
- Сделать выводы.

Задание 2. Определить зависимость уровня сигнала от расстояния до источника.

1. Запустить программу InSSIDer, выполнив двойной щелчок мышью на соответствующем значке рабочего стола.
2. Выбрать адаптер используемый при исследовании. Нажать кнопку Start.
3. Перейти во вкладку 2,4 GHz Channels, записать данные об уровне сигнала на расстоянии 0,5 м. от источника.
4. Прodelать подобные действия для расстояний 1,2,3,5,7,10 м.
5. Построить график зависимости уровня сигнала от расстояния до источника.
6. Сравнить результаты работы с данными от Xirrus Wi-Fi Inspector, полученными в лабораторной работе №1.
7. Составить список доступных сетей.
8. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите наибольшее распространение стандарты WiFi.
2. На какую частоту смещены каналы относительного центра предыдущего.
3. Назовите центральную частоту 1,3,8,13 канала.
4. Какие «неперекрывающиеся» каналы, и на каких частотах применяются в прошивке FCC?
5. Какие «неперекрывающиеся» каналы, и на каких частотах применяются в прошивке ETSI?
6. Какие «неперекрывающиеся» каналы, и на каких частотах применяются в «японской» прошивке?
7. Опишите режим AP.
8. Опишите режим AP-client.
9. Опишите режим Repeater.
10. Какое оборудование необходимо для построения Wi-Fi сети?
11. Что такое беспроводная точка доступа?
12. Какие виды антенн применяются в Wi-Fi сетях?
13. Что такое штыревая антенна с параллельным рефлектором
14. В каком типе антенн коэффициент усиления больше, outdoor или indoor?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Спутниковые сети связи: Учеб. пособие / В.Е. Камнев, В.В. Черкасов, Г.В. Чечин. — М.: «Альпина Пабlishер», 2004.
2. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В. В. Крухмалев, В. Н. Гордиенко, А. Д. Моченов и др.; Под ред. В. Н. Гордиенко и В. В. Крухмалева. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004.
3. Системы радиосвязи: Учебник для Вузов / Н. И. Калашников, Э. И. Крупицкий, И. Л. Дородное, В. И. Носов; Под ред. Н. И. Калашникова. — М.: Радио и связь, 1988.

4. Андрианов В. И., Соколов А. В. Сотовые, пейджинговые и спутниковые средства связи. — СПб.:БХВ-Петербург; Арлит. 2001. — 400 с.
5. www.Wi-Fi Allience.org – головной сайт Wi-Fi Alliance.
6. www.standards.ieee.org - сайт ассоциации стандартов ieee.
7. Мордухович Л. Г., Степанов А. П. Системы радиосвязи. Курсовое проектирование: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1987. – 192 с.: ил.
8. Радиорелейные и спутниковые системы передачи: Учебник для вузов. Под ред А.С. Немировского. - М.: Радио и связь, 1986. - 392 с.
9. <http://inssider.software.informer.com/2.0/> - сайт разработчика программы InSSIDer 2.0.
- 10 <https://www.xirrus.com/free-tools/> - сайт разработчика программы Xirrus Wi-Fi Inspector.